

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN WATTMETER DIGITAL  
3 FASA BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535**

**SKRIPSI**



Disusun Oleh :

**AGUNG SETYONO**

**NIM : 05.12.218**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014**

LAJONG BEZEMTAN KATAMENY VAN WAGHAWASTA  
DEER ADIWA SPA HADIKASIONINA BEASERA ASAT

LAJONG

LAJONG  
LAJONG LAJONG  
LAJONG LAJONG

LAJONG LAJONG LAJONG  
LAJONG LAJONG LAJONG  
LAJONG LAJONG LAJONG  
LAJONG LAJONG LAJONG  
LAJONG

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN WATTMETER DIGITAL 3  
FASA BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

AGUNG SETYONO

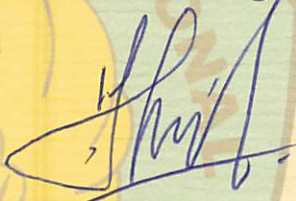
NIM : 05.12.218

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I


Dosen Pembimbing II

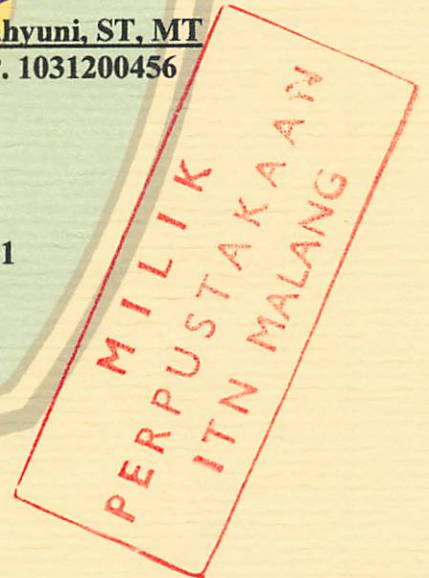
  
Bambang Prio Hartono, ST, MT  
NIP.Y. 1028400082

  
Yuli Wahyuni, ST, MT  
NIP. P. 1031200456

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



  
Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP.P 1030100358



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agung Setyono  
NIM : 0512218  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 20 Februari 2014

Yang membuat pernyataan,



**Agung Setyono**

NIM : 05.12.218



## **ABSTRAK**

*Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan membuat alat Wattmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega 8535 dan pengujian alat untuk mengetahui hasil serta cara kerja Wattmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega 8535.*

*Wattmeter Digital 3 Fasa ini pengembangan dari alat Wattmeter Digital 1 Fasa yang mana dalam Wattmeter Digital 1 Fasa masih menggunakan mikrokontroler MCS-51 dimana masih membutuhkan tambahan IC ADC untuk mengubah masukan analog menjadi digital. Sedangkan pada alat Wattmeter Digital 3 Fasa yang akan dirancang dan dibuat menggunakan IC AVR Atmega 8535 yang memiliki ADC dan EEPROM internal dan memiliki kapasitas yang lebih besar. Keunggulan pengukur daya 3 fasa ini memiliki daya ukur yang lebih tinggi dan daya simpan data yang lebih besar.*

*Perangkat keras Wattmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 terdiri dari rangkaian input, rangkaian pemroses, rangkaian output. Rangkaian input terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, dan penguat zero span, rangkaian pembaca beda fasa. Rangkaian pemroses terdiri dari mikrokontroler Atmega 8535 dan rangkaian output berupa LCD MI632 16 x 2 sebagai penampil hasil. Perangkat lunak berupa program assembler dibuat menggunakan kompilasi code vision AVR, yang terdiri dari beberapa bagian : definisi prosesor, penyertaan fungsi, definisi port, mode ADC, deklarasi variabel dan fungsi.*

**Kata kunci : Wattmeter Digital 3 Fasa, Mikrokontroler, AVR Atmega 8535.**

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang. Segala puji dan syukur bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, cinta, kekuatan, dan kebesaran-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsinya. Semoga berkah dan ridho-Nya selalu mengiringi setiap tapak perjalanan hidup penulis. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebaik-baik makhluk-Nya dan semoga kesejahteraan juga disampaikan kepada seluruh kerabatnya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan dan Pembuatan Wattmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535”** ini.

Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan Program Sarjana Teknik Elektro (S1). Dalam penyusunan skripsi ini banyak sekali pihak - pihak yang ikut terlibat membantu. Pada kesempatan ini, ijinkan penulis untuk menyatakan rasa terima kasih yang terdalam atas segala bantuan yang telah diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga karya ini bisa terselesaikan. Sebagai pribadi yang memiliki keterbatasan, penulis menyadari bahwa kelancaran penyusunan skripsi ini tidak lepas dari adanya dorongan, bantuan, dan dukungan dari banyak pihak. Dan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. H, Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Industri
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
4. Bapak Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1
5. Bapak Bambang Prio Hartono, ST.MT selaku Dosen Pembimbing I
6. Ibu Yuli Wahyuni, ST. MT selaku Dosen Pembimbing II
7. Seluruh dosen Teknik Elektro S-1 untuk semua ilmu yang diberikan, serta segenap Staf yang membantu memperlancar terselesaikannya karya ini.
8. Yang tercinta Ibu dan Bapak ku, terimakasih atas doa yang tak pernah henti terucap, untuk kesabaran yang tak pernah habis dan untuk semangat yang tak pernah putus untukku. Skripsi ini kupersembahkan untuk kalian.

9. Istriku Ika Sulistyo Reni, terimakasih untuk setiap tawa yang kau beri, dan rasa sayang yang tak pernah berhenti hingga detik ini.
10. Afif yang telah memotivasi dan membantu memperlancar terselesaikannya karya ini.
11. Umi Ameliani dan segenap warga Amelia Education, kalian keluarga dan tempat baruku menuntut ilmu. Terimakasih atas diskusi – diskusinya dan semua pelajaran tentang kehidupan yang tidak kudapatkan dimanapun.
12. Semua pihak yang belum disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan dukungannya.
13. Yang terakhir, untuk malaikat kecilku “Juna Arya Sakha Kusuma”, hadirmu adalah keajaiban, memilikimu adalah anugrah terindah, sumber semangat dan kebahagiaanku, inspirasi hidupku, kaulah segalanya. Kita akan lalui hari – hari indah bersama hingga kelak kau dewasa nanti.

Penulis menyadari tiada satupun karya manusia yang sempurna, sehingga kritik dan saran demi perbaiki karya tulis ini sangat penulis harapkan. Meski demikian, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi peneliti khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Februari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>II</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>IV</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>VI</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Wattmeter.....	5
2.1.1 Wattmeter Elektrodinamik .....	5
2.1.2 Wattmeter Induksi .....	5
2.1.3 Wattmeter Thermokopel.....	6
2.2 Wattmeter Digital 1 fasa .....	7
2.3 Wattmeter Digital 3 fasa .....	8
2.4 Rangkaian Berfasa Banyak .....	8
2.5 Rangkaian 3 Fasa .....	9
2.6 Transformator .....	10
2.6.1 Prinsip Kerja Trafo .....	10
2.6.2 Kegunaan Trafo .....	11
2.6.3 Kerja Pararel Trafo 1 Fasa.....	12
2.6.4 Tranformator 3 fasa .....	13
2.6.5 Hubungan Hubungan Transformator 3 Fasa .....	13
2.7 Daya Listrik .....	15
2.8 Faktor Daya .....	18
2.9 Current Transformer (CT) .....	19



2.10 OP AMP .....	19
2.10.1 Prinsip Kerja Op Amp .....	20
2.10.2 Op Amp Ideal .....	20
2.10.3 Inverting .....	21
2.10.4 Non-Inverting .....	21
2.10.5 Rangkaian FeedBack .....	22
2.11 Rangkaian Penyearah dan Pembagi Tegangan .....	22
2.12 Resistor .....	25
2.13 Sinyal Analog dan Digital .....	28
2.13.1 Sinyal Analog .....	28
2.13.2 Analog Digital Converter .....	29
2.14 AVR ATMEGA 8535 .....	30
2.14.1 Fungsi Pin Mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	31
2.14.2 Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	31
2.14.3 Organisasi Memori .....	32
2.14.4 Pemrograman ATMEGA 8535 .....	33
2.15 Liquid Chrystal Display (LCD) M1632 .....	33
2.15.1 Karakteristik LCD M1632 .....	34
2.16 Reset .....	35
<b>BAB III PERENCANAAN ALAT</b>	
3.1 Perancangan Hardware .....	36
3.1.1 Blok Diagram .....	36
3.1.2 Perancangan Sensor Arus .....	37
3.1.3 Perancangan Sensor Tegangan .....	38
3.1.4 Perancangan Catu Daya .....	38
3.1.5 Perancangan Rangkaian Penyearah dan Pembagi Tegangan .....	39
3.1.6 Perancangan Rangkaian Penguat (OP-AMP) .....	39
3.1.7 Perancangan ATMEGA 8535 .....	40
3.1.8 Display LCD M1632 .....	41
3.1.9 Gambar Scematic Alat .....	42
3.2 Perancangan Perangkat Lunak .....	43
3.2.1 Flowchart .....	43
3.2.2 Perancangan Program (AVR ASSEMBLER) .....	44

**BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

4.1 Pengujian Alat .....	45
4.1.1 Tujuan Pengujian .....	45
4.1.2 Langkah Pengujian .....	45
4.1.3 Prosedur Pengujian .....	46
4.1.4 Hasil Pengujian Alat .....	46

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Wattmeter Elektrodinamik .....	5
Gambar 2.2 Diagram Vektor Wattmeter Jenis Elektrodinamometer Dan Induksi .....	6
Gambar 2.3 Konstruksi Wattmeter Jenis Thermokopel .....	6
Gambar 2.4 Wattmeter 1 fasa .....	8
Gambar 2.5 Sistem Tiga Fasa .....	9
Gambar 2.6 Rangkaian Fasa Seimbang .....	10
Gambar 2.7 Diagram Blok Trafo Hubungan Energi .....	10
Gambar 2.8 Kegunaan Trafo .....	11
Gambar 2.9 Trafo Distribusi .....	11
Gambar 2.10 Rangkaian Trafo Tegangan dan Trafo Arus .....	12
Gambar 2.11 Rangkaian Trafo Satu fasa .....	12
Gambar 2.12 Rangkaian Hubungan Tegangan Tiga Fasa .....	13
Gambar 2.13 Rangkaian Hubungan Segitiga Delta .....	14
Gambar 2.14 Hubungan Zig zag .....	14
Gambar 2.15 Wattmeter analog dan konstruksi rangkaian dasarnya .....	16
Gambar 2.16 faktor daya terbelakang .....	18
Gambar 2.17 faktor daya mendahului .....	18
Gambar 2.18 Transformator Arus .....	19
Gambar 2.19 Simbol Skematik Op Amp .....	20
Gambar 2.20 Rangkaian Inverting .....	21
Gambar 2.21 Rangkaian Non-Inverting .....	22
Gambar 2.22 Penyearah Setengah gelombang .....	23
Gambar 2.23 Penyearah Gelombang Penuh .....	23
Gambar 2.24 penyearah gelombang penuh Trafo CT .....	24
Gambar 2.25 Jenis Resistor .....	25
Gambar 2.26 Jenis Variabel resistor Trimpot .....	25
Gambar 2.27 Resistor .....	26
Gambar 2.28 Resistor seri .....	27
Gambar 2.29 Rangkaian Pembagi Tegangan Resistif .....	28
Gambar 2.30 Sinyal Analog dan Sinyal Digital .....	30
Gambar 2.31 Bentuk Fisik ATMEGA 8535 .....	30
Gambar 2.32 Fungsi Pin IC mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	31

Gambar 2.33 Arsitektur ATMEGA 8535 .....	32
Gambar 2.34 Organisasi Memori ATMEGA 8535 .....	33
Gambar 2.35 Dot Matrik LCD M1632 .....	34

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi Penyemat LCD .....	34
Tabel 4.1 Pengujian Beban Resistif Murni .....	46
Tabel 4.2 Pengujian Beban kapasitif .....	47
Tabel 4.3 Pengujian Beban Induktif .....	48

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Pesatnya perkembangan teknologi dibidang elektronika saat ini sudah sangat pesat berbagai barang elektronika yang dahulunya menggunakan sistem analog sekarang sudah banyak beralih ke sistem digital. sistem digital ini menawarkan berbagai keunggulan seperti ketetapan dan ketelitian yang lebih tinggi serta akurat, kemudahan dalam penyimpanan sistem informasi, operasinya hanya perlu bahasa pemrograman khususnya pada mikrokontroller, lebih tahan terhadap noise dan sebagainya, tetapi sistem digital ini tidak terlepas dari kelemahan diantaranya tidak menggambarkan keadaan yang sebenarnya karena hampir semua satuan dalam bentuk analog walaupun hampir semua peralatan elektronika menggunakan sistem digital, tetapi sampai saat ini masih terdapat juga peralatan yang menggunakan sistem analog salah satunya adalah alat ukur.

Alat ukur dapat didefinisikan sebagai suatu alat yang dapat mengetahui besarnya nilai yang digunakan dalam sebuah satuan berdasarkan tingkat ketelitian tertentu. Dalam bidang kelistrikan Alat ukur yang bisa dijumpai secara umum diantaranya Volt meter sebagai pengukur tegangan, Ampere meter pengukur arus, Watt meter pengukur daya bahkan terdapat Multi meter yang dapat mengukur ketiganya dalam satu alat yaitu Volt, Ampere, Watt dan hambatan. Dari peralatan yang disebutkan diatas, belakangan ini hanya multimeter saja yang sudah banyak menggunakan sistem digital.

Berdasarkan uraian tersebut diatas penulis merancang serta membuat sebuah alat ukur yang dapat dipergunakan untuk mempermudah manusia untuk mengukur daya listrik yang terpakai.

Karena itu diperlukan suatu rangkaian peralatan elektronika sebagai penghitung daya pemakaian listrik yang terpakai. Pada alat yang sebelumnya adalah penghitung daya yang terpakai dalam 1 fasa dan memakai IC mikrokontroler MCS-51 dimana masih membutuhkan tambahan IC ADC untuk mengubah masukan analog menjadi digital dan IC EEPROM untuk menyimpan data dengan kapasitas kecil. Dan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, IC mikrokontroler juga mengalami perkembangan dengan munculnya generasi AVR ATMEGA 8535, keunggulan dari AVR ATMEGA 8535 memiliki ADC dan EEPROM internal dan memiliki kapasitas



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Peserta perkembangan teknologi dibidang elektronika saat ini sudah sangat pesat berbagai barang elektronika yang dahulunya menggunakan sistem analog sekarang sudah banyak beralih ke sistem digital sistem digital ini menawarkan berbagai keunggulan seperti ketepatan dan kehalusan yang lebih tinggi serta akurasi, ketahanan dalam penyimpangan sistem informasi, operasinya hanya perlu bahasa pemrograman khususnya pada mikrokontroler lebih tahan terhadap noise dan sebagainya tetapi sistem digital ini tidak terlepas dari ketahanan dimantannya tidak menggunakan beban yang sebenarnya karena hampir semua dalam bentuk analog walaupun hampir semua peralatan elektronik menggunakan sistem digital, tetapi sampai saat ini masih terdapat juga peralatan yang menggunakan sistem analog salah satunya adalah alat ukur.

Alat ukur dapat didefinisikan sebagai suatu alat yang dapat mengetahui besarnya nilai yang digunakan dalam sebuah satuan berdasarkan tingkat ketelitian tertentu. Dalam bidang keteknikan Alat ukur yang bisa dijumpai secara umum diantaranya Volt meter sebagai pengukur tegangan, Amper meter pengukur arus, Watt meter pengukur daya bahkan terdapat Volt meter yang dapat mengukur ketegangan dalam satu alat yaitu Volt, Amper, Watt dan hambatan. Dari peralatan yang disebutkan diatas, belakangan ini hanya multimeter saja yang sudah banyak menggunakan sistem digital.

Berdasarkan uraian tersebut diatas penulis merasa tertarik untuk membuat sebuah alat ukur yang dapat dipergunakan untuk memperbandingkan manusia untuk mengukur daya listrik yang terpakai.

Karena itu dipertukan suatu rangkaian peralatan elektronika sebagai penghitung daya pemakanan listrik yang terpakai. Pada alat yang sebelumnya adalah penghitung daya yang terdapat dalam 1 bus dan memakai IC mikrokontroler AT89C51 dimana masih menambahkan tambahan IC ADC untuk mengubah masukan analog menjadi digital dan IC EEPROM untuk menyimpan data dengan kapasitas kecil. Dan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, IC mikrokontroler juga mengalami perkembangan dengan munculnya generasi AVR ATMEGA 8235, keunggulan dari AVR ATMEGA 8235 memiliki ADC dan EEPROM internal dan memiliki kapasitas

yang lebih besar. Sehingga pengukuran daya 1 fasa ditingkatkan menjadi 3 fasa. Keunggulan pengukuran 3 fasa ini memiliki daya ukur yang lebih tinggi dan daya simpan yang lebih besar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sesuai dengan uraian pada latar belakang di atas, maka yang menjadi masalah dalam tulisan ini adalah bagaimana untuk:

- a. Bagaimana tugas akhir ini direncanakan dan dibuat dengan aplikasi mikrokontroler ATMEGA 8535 sebagai komponen utama.
- b. Bagaimana merancang dan membuat alat wattmeter digital dengan mikrokontroler AVR ATMEGA 8535.
- c. Bagaimana mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 dapat menampilkan hasil data pemakaian (daya) listrik pada display (LCD).
- d. Bagaimana hasil dari mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 megolah data yang berasal dari ADC yang sudah ada didalamnya.

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan ini adalah merancang sebuah Alat yang dapat mengukur besaran daya atau watt meter dengan menggunakan sistem digital.

- a. Untuk merancang system pengukuran pemakaian daya listrik berupa wattmeter digital 3 fasa berbasis ATMEGA 8535.
- b. Pembuatan wattmeter digital dengan pengolah data mikrokontroler AVR ATMEGA 8535.
- c. Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 dapat menampilkan hasil data pemakaian (daya) listrik pada display (LCD).
- d. Pengolahan data dari ADC yang sudah ada didalam mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 dan ditampilkan ke LCD.

## **1.4 Batasan Masalah**

Berkaitan dengan indentifikasi masalah diatas, maka diberikan beberapa batasan masalah yaitu:

- a. Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 sebagai komponen utama dalam pembuatan alat wattmeter digital 3 fasa.
- b. LCD M1632 sebagai alat untuk menampilkan hasil dari pengukuran.
- c. Penekanan masalah pada alat yang dibuat, alat ini untuk pembacaan beban resistif.

## **1.5 Metodologi Penelitian**

Metode penulisan yang digunakan dalam tugas akhir dengan judul “Perancangan Dan Pembuatan Wattmeter Digital 3 fasa Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535” ini adalah sebagai berikut

### **1. Studi Literatur**

Dalam proses ini penyusun mencoba mencari sumber – sumber informasi yang dapat dijadikan acuan dalam penyusunan tugas akhir yaitu dengan membaca buku – buku referensi tentang trafo arus, rangkaian pembagi tegangan, IC AVR ATMEGA 8535, LCD dan jurnal – jurnal dari internet yang diperlukan dalam perancangan dan pembuatan alat ini.

### **2. Perencanaan Alat**

Yaitu melakukan perencanaan tiap blok alat yang akan dibuat, setelah tiap blok selesai dibuat kemudian melakukan penggabungan tiap blok agar terbentuk system kinerja alat yang telah direncanakan.

### **3. Analisa dan Pembuatan Alat**

Analisa dari rangkaian dilakukan untuk memastikan alat bekerja sesuai dengan prosedur yang didesain. Analisa ini dilakukan tiap blok rangkaian secara terpisah kemudian digabungkan dalam suatu rangkaian alat baca wattmeter Digital dengan MC AVR ATMEGA 8535 secara utuh. Pembuatan alat ini tahap demi tahap mulai dari pembuatan trafo arus, rangkaian pembagi tegangan, system MC AVR ATMEGA 8535, LCD sehingga menjadi rangkaian penuh atau keseluruhan system.

### **4. Melakukan Pengujian Alat**

Pengujian ini dilakukan tiap – tiap rangkaian secara terpisah, sesuai dengan titik yang akan diuji dengan menggunakan alat ukur, kemudian dilakukan penggabungan tiap rangkaian untuk memastikan rangkaian bekerja sesuai dengan prosedur. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa alat yang dibuat sesuai perencanaan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan penulisan skripsi ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Pembatasan Permasalahan, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Berisi tentang landasan teori mengenai permasalahan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

**Bab III : Perancangan dan Analisa Sistem**

Dalam bab ini berisi mengenai analisa kebutuhan sistem baik software maupun hardware yang diperlukan untuk membuat kerangka global yang menggambarkan mekanisme dari sistem yang akan dibuat.

**Bab IV : Pembuatan dan Pengujian Sistem**

Berisi tentang pembuatan dari perancangan sistem yang telah dibuat serta pengujian terhadap sistem tersebut.

**Bab V : Penutup**

Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.

## BAB II

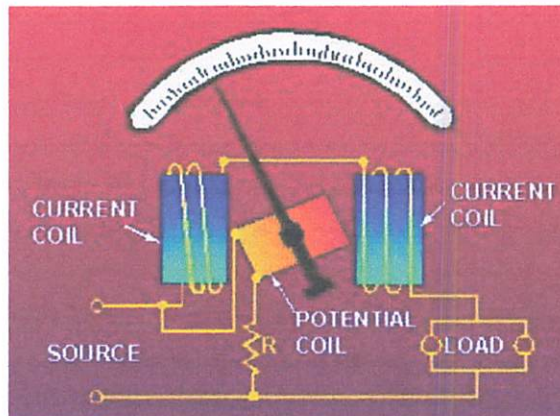
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Wattmeter

Wattmeter adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengetahui berapa besarnya daya listrik nyata pada beban yang sedang beroperasi dalam suatu sistem kelistrikan dengan beberapa kondisi beban, seperti beban AC, beban DC satu fasa serta beban DC tiga fasa. Pengukuran daya listrik secara langsung adalah dengan menggunakan wattmeter, ada beberapa jenis wattmeter, antara lain wattmeter elektrodinamik, wattmeter induksi, wattmeter elektrostatis dan sebagainya.

##### 2.1.1 Wattmeter Elektrodinamik

Wattmeter tipe elektrodinamometer terdiri dari satu pasang kumparan yaitu kumparan yang tetap disebut kumparan arus dan kumparan yang berputar disebut dengan kumparan tegangan, sedangkan alat penunjuknya akan berputar melalui suatu sudut, yang berbanding lurus dengan hasil perkalian pada arus-arus yang melalui kumparan-kumparan tersebut.



Gambar 2.1 Wattmeter Elektrodinamik

##### 2.1.2 Wattmeter Induksi

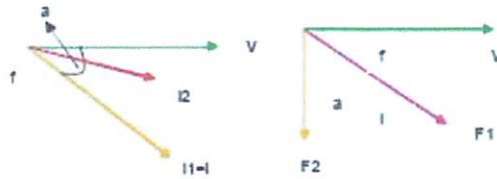
Seperti alat ukur wattmeter elektrodinamometer, alat ukur tipe induksi mempunyai pula sepasang kumparan-kumparan yang bebas satu dan lainnya. Susunan ini menghasilkan momen yang berbanding lurus dengan hasil kali dari arus-arus yang melalui kumparan-kumparan tersebut, dengan demikian dapat pula dipergunakan sebagai alat pengukur watt. Untuk memungkinkan hal ini F1 dalam gambar dibawah didapat dari arus beban I dan F2 dari tegangan beban V. Perlu diperhatikan bahwa F2 akan mempunyai sudut fasa sebesar  $90^\circ$  terlambat terhadap V. Hubungan antara fasa-fasa diperlihatkan dalam gambar dibawah, dan menurut persamaan di dapat :





$$\sin \alpha = \cos \varphi$$

Diagram Vektor Wattmeter Jenis Elektrodinamometer Dan Induksi



Gambar 2.2 Diagram Vektor Wattmeter Jenis Elektrodinamometer Dan Induksi

Untuk mendapatkan F2 mempunyai sudut fasa yang terlambat  $90^\circ$  terhadap V, maka jumlah lilitan kumparan dinaikkan sedemikian rupa, sehingga kumparan tersebut dapat dianggap induktansi murni. Dengan keadaan ini maka F2 sebanding dengan  $V/\omega$  sehingga didapat :

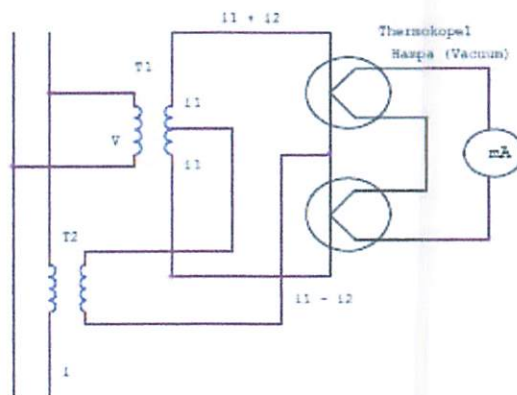
$$\omega \phi_1 \phi_2 \sin \alpha = KVI \cos \varphi$$

Dengan cara ini pengukuran daya dapat dimungkinkan. Alat pengukur watt tipe induksi sering dipergunakan untuk alat ukur yang mempunyai sudut yang lebar, dan banyak dipakai dalam panel-panel listrik.

### 2.1.3 Wattmeter Thermokopel

Alat pengukur watt tipe thermokopel merupakan contoh dari suatu alat pengukur yang dilengkapi dengan sirkuit perkalian yang khusus. Konfigurasi alat ukur ini diperlihatkan dalam gambar dibawah. Bila arus-arus berbanding lurus terhadap tegangannya, dan arus beban dinyatakan sebagai maka akan didapatkan :

$$i_1 = k_1 v \quad \text{dan} \quad i_2 = k_2 i \quad (i_1 + i_2)^2 - (i_1 - i_2)^2 = 4i_1 i_2 = 4k_1 k_2 v i$$



Gambar 2.3 Konstruksi Wattmeter Jenis Thermokopel

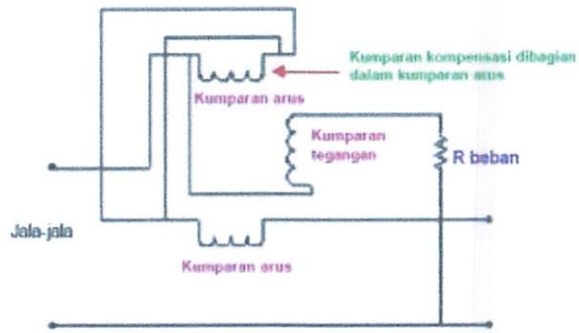
Harga rata – rata dari hasil persamaan tersebut diatas, adalah sebanding dengan daya beban. Dalam gambar dibawah,  $i_1 = k_1 v$  adalah arus sekunder dari transformator

$T1$ , dan  $2i_2 = 2k_2i_1$  adalah arus sekunder dari transformator  $T_2$ . Bila sepasang tabung thermokopel dipanaskan dengan arus-arus ( $i_1 + i_2$ ) dan ( $i_1 - i_2$ ), maka gaya listrik secara termis akan digerakkan berbanding lurus kwadrat dari arus-arus, dan akan didapat dari masing-masing thermokopel. Bila kedua thermokopel tersebut dihubungkan secara seri sedemikian rupa sehingga polaritasnya terbalik, maka perbedaan tegangan tersebut pada ujung-ujungnya akan dapat diukur melalui suatu alat pengukur milivolt. Dengan demikian maka penunjukan dari alat ukur milivolt tersebut akan berbanding dengan daya yang akan diukur. Alat pengukur watt jenis thermokopel ini dipakai untuk pengukuran daya-daya kecil pada frekuensi audio. Pada saat ini terdapat banyak bentuk dari alat pengukur watt, yang dilengkapi dengan sirkuit-sirkuit kalkulasi khusus, dan berbagai detail dapat ditemukan pada alat-alat ukur tersebut.

## 2.2 Wattmeter Digital 1 fasa

Wattmeter 1 (satu) fasa dapat dihangin dengan komponen utama berupa elektrodinamometer. Elektrodinamometer merupakan komponen utama dari wattmeter analog. Elektrodinamometer dipakai secara luas dalam pengukuran daya, wattmeter tipe Elektrodinamometer dapat dipakai untuk mengukur daya searah (DC) maupun daya bolak-balik (AC) untuk setiap bentuk gelombang tegangan dan arus dan tidak terbatas pada gelombang sinus saja. "Wattmeter tipe elektrodinamometer" terdiri dari satu pasang kumparan yaitu kumparan tetap yang disebut kumparan arus dan kumparan berputar yang disebut dengan kumparan tegangan, sedangkan alat penunjuknya akan berputar melalui suatu sudut, yang berbanding lurus dengan hasil perkalian dari arus-arus yang melalui kumparan-kumparan tersebut. Gambar dibawah menunjukkan susunan wattmeter satu fasa.

Wattmeter termasuk salah satu alat ukur daya yang digunakan untuk pengukuran energi listrik arus bolak balik. Tingginya angka pada wattmeter tergantung pada hehan listrik dan mengukur jumlah beban yang terpakai dalam lingkup 1 fasa. Pada wattmeter ini memakai MC AT89S51 yang masih belum lengkap fiturnya, MC ini belum terdapat ADC dan EEPROM internal, jadi masih memerlukan IC ADC dan EEPROM tambahan dan MC AT89S51 mempunyai kapasitas memori kecil.



Gambar 2.4 Wattmeter 1 fasa

### 2.3 Wattmeter Digital 3 fasa

Pengukuran daya dalam suatu sistem fasa banyak, memerlukan pemakaian dua atau lebih wattmeter. Kemudian daya nyata total diperoleh dengan menjumlahkan pembacaan masing masing wattmeter secara aljabar. Teorema Blondel menyatakan bahwa daya nyata dapat diukur dengan mengurangi satu elemen wattmeter dan sejumlah kawat-kawat dalam setiap fasa banyak, dengan persyaratan bahwa satu kawat dapat dibuat common terhadap semua rangkaian potensial.

Wattmeter digital 3 fasa merupakan pengembangan dari wattmeter digital 1 fasa. Wattmeter digital 3 fasa sudah tidak menggunakan MC AT89S51, alat ini menggunakan MC AVR ATMEGA 8535 dimana memiliki kapasitas memori internal yang lebih besar dan IC ADC internal EEPROM internal, sehingga nantinya wattmeter digital 3 fasa data penghitungannya lebih lengkap. Untuk wattmeter digital . ini, penghitungan daya beban yang terpakai bisa langsung menghitung pemakaian 3 fasa sekaligus. Dan juga menghitung pemakaian tiap fasa juga bisa dilakukan.

### 2.4 Rangkaian Berfasa Banyak

Suatu sistem yang terdiri dari dua atau lebih tegangan yang sama, dengan perbedaan fasa yang tetap, yang mensuplai daya ke beban-beban yang dihubungkan dengan jaringan. Dari definisi diatas, sistem berfasa banyak adalah suatu sistem yang terdiri dari sumber-sumber tegangan befasa banyak, dan sistem ini mensuplai daya ke beban-beban. Jadi rangkaian berfasa banyak terdiri dari :

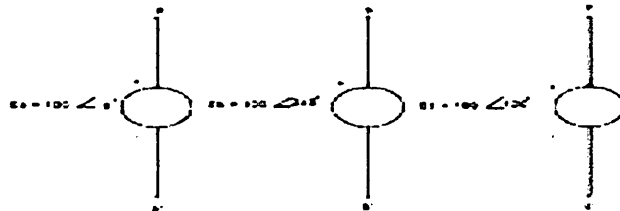
- a. Sistem 2 fasa : terdiri dari dua tegangan yang sama dan berbeda fasa sebesar 90°.
- b. Sistem 3 fasa : terdiri dari tiga tegangan yang sama dan berbeda fasa sebesar 120°.
- c. Sistem 6 fasa : digunakan pada penyearah ( rectifier ) berfasa banyak untuk mendapatkan tegangan yang di searahkan dengan riak yang kecil.

Sistem berfasa banyak yang paling umum digunakan untuk pembangkitan dan transmisi daya listrik adalah sistem 3 fasa seimbang. Sistem tiga fasa ini merupakan sistem yang paling baik ditinjau dari sudut efisiensi, kegunaan dan ekonominya. Penambahan jumlah fasa memang selalu akan menambah efisiensi, akan tetapi jika dilihat, kenaikan efisiensi ini tidaklah sebanding dengan kesukaran yang dihadapi untuk menambah fasa. Pemilihan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz merupakan kompromi. Jika ditinjau dari segi efisiensi, maka frekuensi tersebut cukup tinggi untuk mesin-mesin dan jika ditinjau dari segi transmisinya, maka frekuensi tersebut cukup rendah untuk mengurangi reaktansi.

### 2.5 Rangkaian 3 Fasa

Rangkaian tiga phase semata – mata hanyalah gabungan dari tiga rangkaian satu phase. Oleh sebab itu maka hubungan arus, tegangan dan daya dari rangkaian tiga phase seimbang dapat dipelajari dengan menggunakan aturan satu phase terhadap bagian – bagian komponen rangkaian tiga phase. (lister, 1998)

Sebuah sumber berphase tiga adalah sumber yang mempunyai tiga tegangan yang sama yang tersedia yang berbeda fasa  $120^\circ$  terhadap satu sama lain. Sebuah beban berfasa tiga adalah sebuah beban yang dapat menggunakan keluaran sebuah sumber berfasa tiga. Tiga sumber tegangan yang membentuk sebuah system berfasa tiga diperlihatkan pada gambar berikut (Pantur Silaban 1985 : 253):

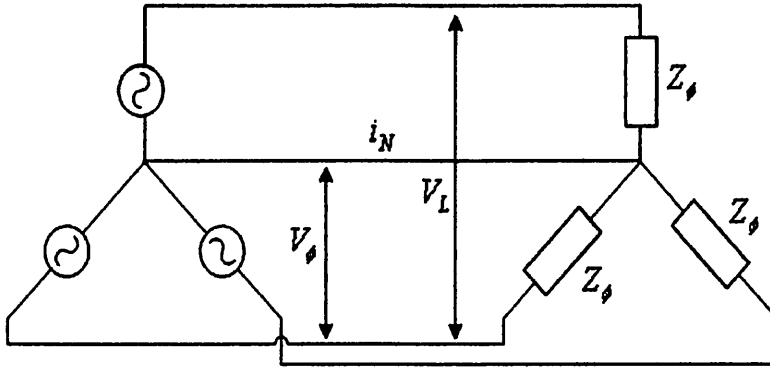


Gambar 2.5 Sistem Tiga Fasa

Pada rangkaian terdapat 2 jenis hubungan yakni hubunga bintang dan hubung delta. Rangkaian 3 fasa hubung delta menggunakan 3 kawat yakni kawat 3 fasa sedangkan pada rangkaian 3 fasa hubung bintang menggunakan 4 kawat 3 kawat untuk fasa 1 kawat utuk netral arus pada rangkaian hubung bintang merupakan titik hubung antar ke tiga fasanya Arus Netral ( $I_N$ ) merupakan penjumlahan arus ketiganya karena jalur netral tersebut dilalui oleh ketiga fasa yang ada menurut persamaan berikut:

$$I_N = I_A + I_B + I_C = 0$$

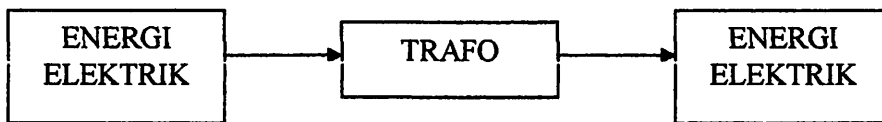
Persamaan diatas menunjukkan beban jika diaplikasikan dalam suatu tegangan tiga fasa seimbang maka arus netralnya sama dengan nol karena simetris dan saling meniadakan arus netral muncul karena pembebanan yang tidak seimbang.



Gambar 2.6 Rangkaian Fasa Seimbang

## 2.6 Transformator

Kata “TRANSFORMATOR” berasal dari kata “TRANSFORMASI” yang berarti “PERUBAHAN” jadi transformator atau yang biasa disingkat dengan “TRAFO” adalah suatu peralatan elektrik yang tidak berputar yang meneruskan tenaga elektrik dari suatu rangkaian ke rangkaian yang lain dengan frekuensi yang sama dan tegangan yang berubah melalui rangkaian magnetik. Gambar 2.3 berikut ini memperlihatkan diagram blok transformator berdasarkan hubungan energinya.



Gambar 2.7 Diagram Blok Trafo Hubungan Energi

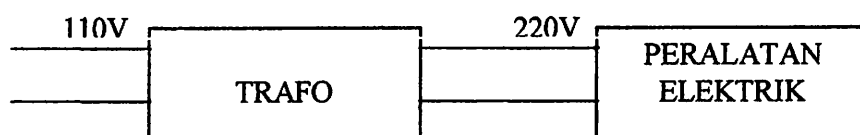
### 2.6.1 Prinsip Kerja Trafo

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum faraday yaitu arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Bila pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus listrik bolak balik maka jumlah garis gaya magnet berubah ubah akibatnya pada kumparan primer

terjadi induksi. Kumparan sekunder menerima garis gaya magnet dari kumparan primer terjadi yang jumlahnya juga berubah ubah. Maka pada kumparan sekunder juga timbul induksi dan akibatnya antara dua ujung kumparan terdapat beda tegangan.

### 2.6.2 Kegunaan Trafo

Untuk menyesuaikan tegangan setempat dengan tegangan pada peralatan elektrik misalnya kita mempunyai peralatan listrik dengan tegangan 220V maka dipasang pada suatu tempat tegangan 110V tersebut menjadi 220V seperti diperlihatkan pada gambar 2.4 berikut ini:

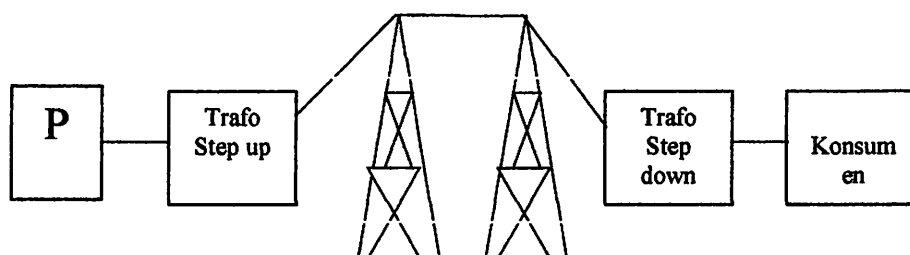


Gambar 2.8 Kegunaan Trafo

Pada sistem tenaga elektrik disebut TRAFO TENAGA. Trafo tenaga ini dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

- a) STEP UP TRANSFORMER atau trafo penaik tegangan yaitu untuk membangkitkan tegangan pusat pembangkit menjadi tegangan tinggi untuk ditransmisikan.
- b) STEP DOWN TRANSFORMER atau trafo penurun tegangan yaitu untuk menurunkan tegangan transmisi ke tegangan yang lebih rendah (tegangan pemakai).

Disamping itu dikenal pula TRAFO DISTRIBUSI untuk menhah tegangan distribusi sekunder untuk didis tribusikan kekonsumen.



Gambar 2.9 Trafo Distribusi

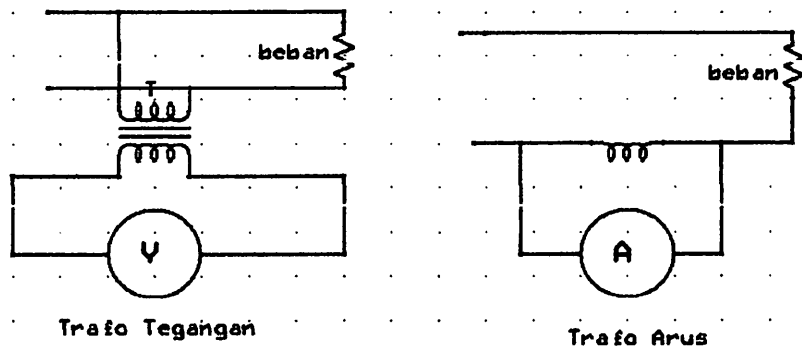
Untuk mengadakan pengukuran pengukuran dari besaran elektrik trafo yang dipergunakan untuk mengadakan pengukuran dari besaran elektrik (yaitu tegangan dan arus yang tinggi) ini disebut TRAFO INSTRUMEN atau TRAFO PENGUKURAN.

Instrument ada 2 macam yaitu :

- a) Trafo Tegangan digunakan pada voltmeter



h) Trafo Arus digunakan pada ampermeter



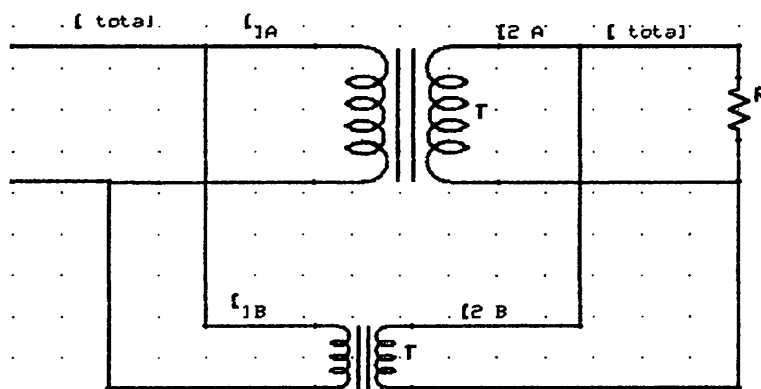
Gambar 2.10 Rangkaian Trafo Tegangan dan Trafo Arus

Dalam bidang elektronika transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian ke rangkaian yang lain, untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian berdasarkan jumlah fasanya trafo dihedakan menjadi 2 macam yakni:

1. Trafo fasa tunggal atau trafo satu fasa
2. Trafo fasa banyak (3 fasa)

### 2.6.3 Kerja Pararel Trafo 1 Fasa

Pertambahan beban pada suatu saat menghendaki adanya kerja pararel diantara Transformator tujuan utama kerja pararel transformator ialah agar beban yang dipikul sebanding dengan kemampuan kVA masing-masing trafo.



Gambar 2.11 Rangkaian Trafo Satu fasa

Syarat syarat kerja pararel suatu trafo agar diperoleh syarat tersebut diatas adalah:

- a. Perbandingan harus sama jika tidak akan terjadi arus sirkulasi jika trafo dibebani

- b. Tegangan impedansi pada keadaan beban penuh harus sama, agar pembagian bebanya sesuai dengan kemampuan kVA masing-masing trafo.
- c. Polaritas transformator harus sama
- d. Perbandingan reaktansi ( $\bar{X}$ ) sebaiknya sama agar bekerja pada factor kerja yang sama.

### 2.6.4 Tranformator 3 fasa

Transformator tiga fasa atau trafo 3 fasa dikatakan juga dengan transformator Arus putar atau trafo arus putar. Transformator tiga fasa ini dalam pelaksanaannya dapat dilaksanakan dengan 2 cara yaitu:

- a. Tiga buah transformator satu fasa (transformator tiga fasa yang terpisah)
- b. Satu buah transformator tiga fasa terdiri dari tiga inti dengan setiap inti dililitkan kumparan primer dan sekundernya keuntungan penggunaan trafo tiga fasa dibanding dengan 3 buah trafo adalah penggunaan inti besi yang lebih sedikit bila dibandingkan 3 buah trafo sehingga lebih ekonomis, sistem pendingin yang maju.

### 2.6.5 Hubungan Hubungan Transformator 3 Fasa

- a. Hubungan Bintang (y)

Hubungan tegangan tiga fasa adalah :

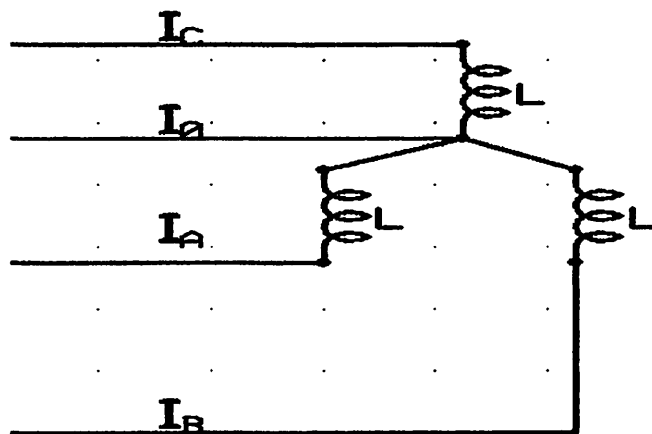
$$V_{ab} = V_{ao} + V_{ob} = V_{ao} + V_{bo}$$

$$V_{bc} = V_{bo} - V_{co}$$

$$V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$$

Daya dalam VA (volt ampere) :

$$P = 3V_p \cdot I_p \cdot VA$$



Gambar 2.12 Rangkaian Hubungan Tegangan Tiga Fasa

- d. Tegangan impedansi pada keadaan beban penuh harus sama, agar pembagian bebanya sesuai dengan kemampuan kVA masing-masing trafo.
- c. Polaris transformator harus sama
- b. Perbedaan reaktansi ( $X$ ) sebaiknya sama agar bekerja pada factor kerja yang sama

### 2.6.4 Transformator 3 fasa

Transformator tiga fasa atau ratio 3 fasa dikatakan juga dengan transformator  $\Delta/\Delta$  atau trafo bus bus. Transformator tiga fasa ini dalam pelaksanaannya dapat dilaksanakan dengan 2 cara yaitu:

- a. Tiga buah transformator satu fasa (transformator tiga fasa yang terpisah)
- b. Satu buah transformator tiga fasa terdiri dari tiga inti dengan setiap inti dililitkan kumpulan primer dan sekundernya. Keuntungan penggunaan trafo tiga fasa dibanding dengan 3 buah trafo adalah penggunaan inti besi yang lebih sedikit. Bila dibandingkan 3 buah trafo sehingga lebih ekonomis sistem pendingin yang lebih.

### 2.6.5 Hubungan Hubungan Transformator 3 fasa

- a. Hubungan linier ( $\Delta$ )

Hubungan tegangan tiga fasa adalah :

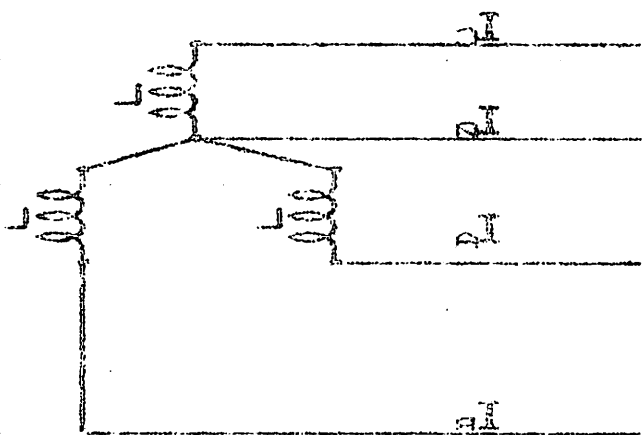
$$V_{ab} = V_{ao} + V_{ob} = V_{ao} - V_{bo}$$

$$V_{bc} = V_{bo} - V_{co}$$

$$V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$$

Daya dalam VA (volt ampere) :

$$P = 3V_p I_p VA$$



Gambar 2.13 Rangkaian Hubungan Tegangan Tiga Fasa

**h Hubungan segitiga delta ( $\Delta$ )**

Untuk beban yang seimbang diperoleh :

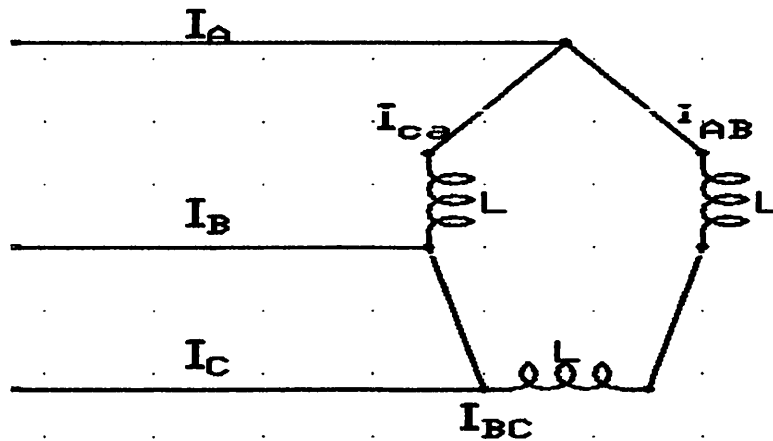
$$V_{ab}+V_{bc}+V_{ca}=0$$

Dan :

$$I_a=I_{ab}-I_{ca}$$

$$I_b=I_{bc}+I_{ab}$$

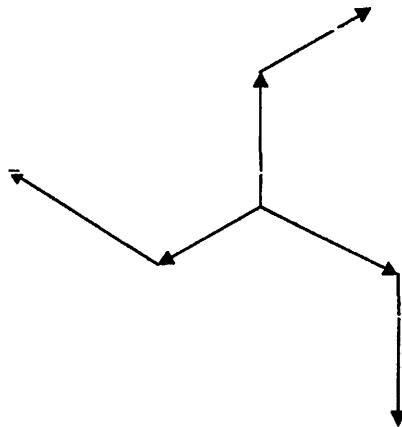
$$I_c=I_{ca}-I_{bc}$$



**Gambar 2.13 Rangkaian Hubungan Segitiga Delta**

**c. Hubungan Zig Zag (Z)**

Diagram Vektor apabila dihubungkan secara zig zag



**Gambar 2.14 Hubungan Zig - zag**

Syarat syarat kerja paralel trafo 3 fasa:

- a. Perbandingan tegangan harus sama
- b. Frekuensi kerja harus sama

- c. Polaritas angka lonceng harus sama (golongan hubungan yang serupa)
- d. Tegangan hubungan singkat yang sama tidak menyimpang lebih dari 10%

Jika syarat tersebut tidak terpenuhi diantaranya:

- a. Syarat (a) tidak dipenuhi akan terjadi sirkulasi
- b. Syarat (b) tidak dipenuhi maka besar-besaran dari trafo
- c. Yang mempunyai frekuensi kerja yang tidak sesuai perlu ditinjau yaitu reaktansi dan induksi magnetnya
- d. Syarat (c) tidak dipenuhi maka akan terjadi hubungan singkat
- e. Syarat (c) tidak dipenuhi pembagian beban akan tidak seimbang

## 2.7 Daya Listrik

Daya listrik dalam pengertiannya dapat dikelompokkan dalam dua kelompok sesuai dengan catu tenaga listriknya, yaitu daya listrik DC dan daya listrik AC.

Daya listrik DC dirumuskan sebagai :

$$P = V \cdot I$$

P = Daya (Watt),

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Sedangkan Daya listrik AC terdapat dua macam yaitu: daya untuk satu fasa dan daya untuk tiga fasa, dimana dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

V = Tegangan kerja (Volt)

I = Arus yang mengalir ke beban (Ampere)

$\cos \phi$  = Faktor daya.

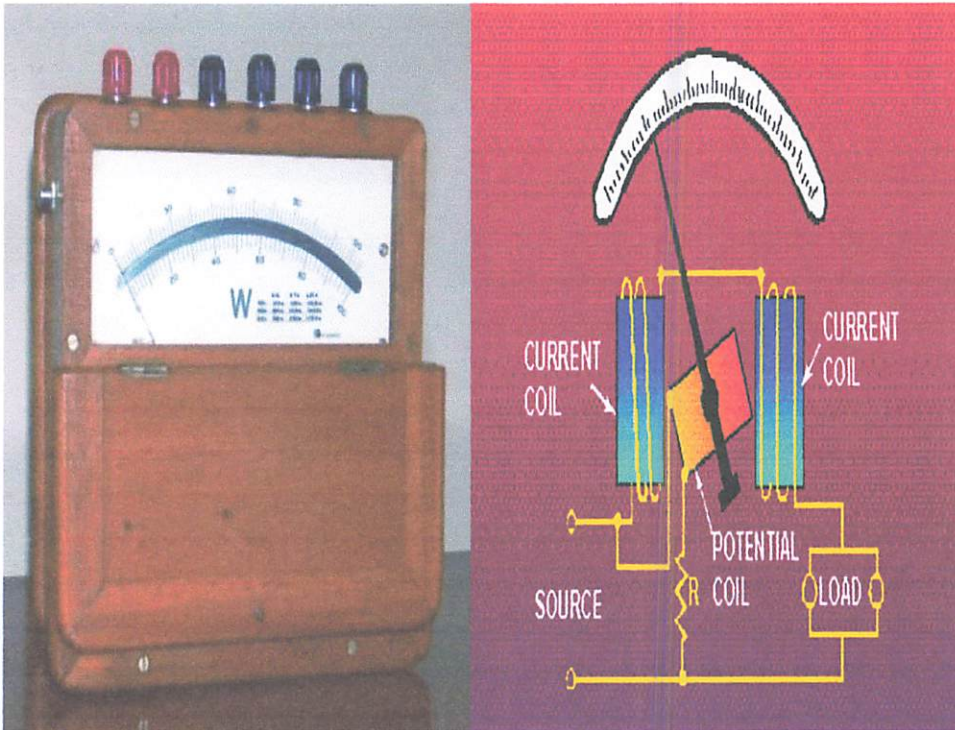
Pada sistem tiga fasa :

V = Tegangan fasa netral (volt)

I = Arus yang mengalir ke beban (Ampere)

$\cos \phi$  = Faktor daya

Gambar Wattmeter analog dan konstruksi rangkaian dasarnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.15 Wattmeter analog dan konstruksi rangkaian dasarnya

Pada rangkaian dasar Wattmeter, kumparan arus dari Wattmeter dihubungkan secara seri dengan rangkaian (beban), dan kumparan tegangan dihubungkan parallel dengan line. Jika arus line mengalir melewati kumparan arus dari Wattmeter, maka akan membangkitkan medan di sekitar kumparan. Kuat medan ini sebanding dengan besarnya arus line kumparan tegangan dari wattmeter yang dipasang seri dengan resisitor dengan nilai resistansi sangat tinggi. Tujuannya adalah untuk membuat rangkaian kumparan tegangan dari meter mempunyai ketelitian tinggi. Jika tegangan dipasangkan ke kumparan tegangan, arus akan sebanding dengan tegangan line. Yang terukur pada wattmeter ini adalah daya aktif, yang dinyatakan dengan satuan *Watt*.

$$\text{Daya aktif / rata-rata } P \text{ (Watt)} = V \cdot I \cos \Phi$$

Perhitungan daya pada wattmeter didasarkan pada teori rumus integral. Tegangan dan arus pada saat tertentu. Persamaan di atas menjelaskan untuk mendapatkan daya rata-rata masing-masing phase. Sedangkan untuk listrik 3 phase, maka daya total yang dipergunakan yaitu dengan menjumlahkan daya tiap phasenya ( $P_A$ ,  $P_B$  dan  $P_C$ ).

$$\text{Jumlah total daya; } P_{\text{total}} = P_A + P_B + P_C$$





Gambar 2.12 Wattmeter analog dan konstruksi rangkaian dasarnya

Pada rangkaian dasar Wattmeter, kumparan arus dari Wattmeter dihubungkan secara seri dengan rangkaian (beban) dan kumparan tegangan dihubungkan paralel dengan line jika arus line mengalir melalui kumparan arus dari Wattmeter, maka akan membangkitkan medan di sekitar kumparan. Kumparan ini sebanding dengan besarnya arus line kumparan tegangan dari wattmeter yang dipasang seri dengan resistor dengan nilai resistansi sangat tinggi. Tujuannya adalah untuk menahan tahanan kumparan tegangan dari meter mempunyai ketelitian tinggi. Jika tegangan dihubungkan ke kumparan tegangan, arus akan sebanding dengan tegangan line. Yang terukur pada wattmeter ini adalah daya aktif yang dinyatakan dengan satuan WVA.

$$\text{Daya aktif (watt) atau } P \text{ (Watt)} = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Perhitungan daya pada wattmeter didasarkan pada teori rumus integral. Tegangan dan arus pada saat tertentu. Perhitungan di atas dijelaskan untuk mendapatkan daya rata-rata masing-masing fase. Sedangkan untuk listrik 3 fase, maka daya total yang diperoleh akan yaitu dengan menjumlahkan daya tiap fasenya ( $P_A$ ,  $P_B$  dan  $P_C$ ).

$$\text{Jumlah total daya: } P_{\text{total}} = P_A + P_B + P_C$$

Faktor daya atau sering disebut  $\cos \phi$  didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja, terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian. Dapat juga disebut perbandingan antara daya aktif dan daya semu. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan faktor daya akan menjadi rendah. Faktor daya bernilai antara 0 sampai 1.

Faktor daya dirumuskan dengan :

$$\cos \phi = \frac{P}{VI}$$

terdapat tiga macam daya yaitu:

### 1. Daya Nyata (P)

Daya nyata merupakan daya yang terpakai untuk melakukan energi yang sebenarnya (*real power*) dan satuannya adalah Watt.

Daya aktif (P) dirumuskan sebagai

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

### 2. Daya reaktif (Q)

Daya reaktif (*reactive power*) adalah daya yang di *suplly* oleh komponen reaktif. Daya reaktif (Q) ini tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban listrik, dengan kata lain daya reaktif ini tidak berguna bagi konsumen listrik. Satuannya adalah VAR (*Volt Ampere Reactive*).

Daya reaktif (Q) Dirumuskan sebagai:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

Dimana  $\phi$  merupakan faktor daya

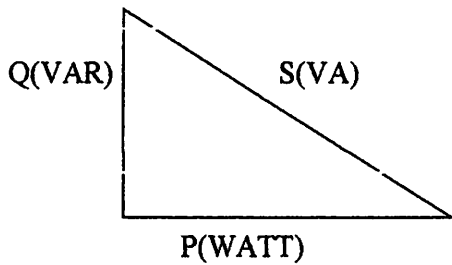
### 3. Daya semu (S)

Daya semu (*apparent power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan V dan arus I, satuannya adalah VA. Dirumuskan sebagai berikut:

$$S = V \cdot I$$

dimana V adalah tegangan, dan I adalah arus.

Dihawah ini digambarkan hubungan ketiga daya tersebut dalam diagram segitiga daya. Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda (*Apparent Power, Active Power dan Reactive Power*) berdasarkan prinsip trigonometri.



Dimana berlaku hubungan :

$$P = S \times \cos \phi \text{ (Watt)}$$

$$S = \sqrt{VA}$$

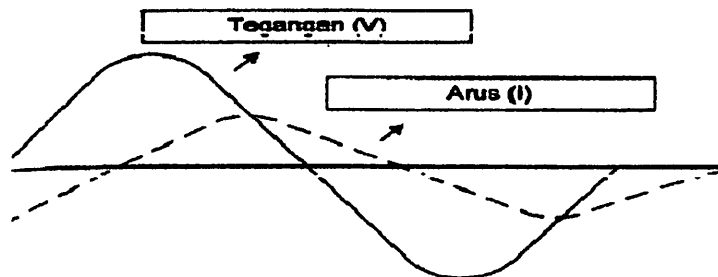
$$Q = S \times \sin \phi \text{ (VAR)}$$

Dalam sistem tenaga listrik dikenal tiga jenis faktor daya, yaitu faktor daya terbelakang (*lagging*), faktor daya terdahulu (*leading*), dan faktor daya *unity* yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada sistem

## 2.8 Faktor Daya

### 1. Faktor Daya Terbelakang (*Lagging*)

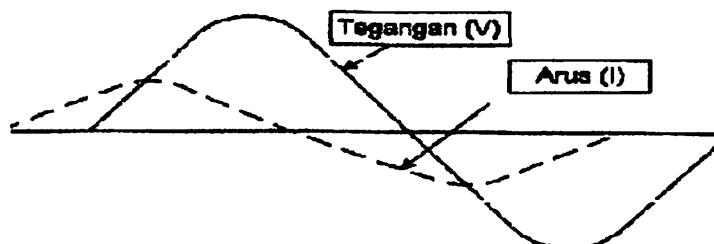
Faktor daya terbelakang yaitu apabila tegangan mendahului arus. Faktor daya *lagging* ini terjadi apabila bebannya induktif, seperti *motor induksi*, *AC* dan *transformator*.



Gambar 2.16 faktor daya terbelakang

### 2. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor Daya Mendahului yaitu arus mendahului tegangan, *V* terbelakang dari *I* dengan sudut  $\phi$ . Faktor daya *leading* ini terjadi apabila bebannya kapasitif, seperti *capacitor*, *synchronocus generators*, *synchronocus motors* dan *synchronocus condenser*.



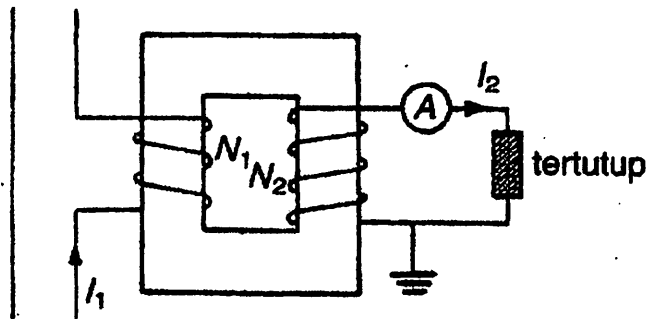
Gambar 2.17 faktor daya mendahului

### 3. Faktor Daya Unity

Faktor daya *unity* adalah keadaan saat nilai  $\cos \phi$  adalah satu, yaitu antara tegangan dan arus menjadi sefasa atau berimpit. Faktor daya *Unity* akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.

#### 2.9 Current Transformer (CT)

Transformator arus digunakan untuk mengukur arus beban suatu rangkaian. Dengan menggunakan transformator arus, maka arus beban yang besar dapat diukur dengan alat amperemeter yang tidak terlalu besar.



Gambar 2.18 Transformator Arus

Dengan mengetahui perbandingan transformator  $\frac{N_1}{N_2}$  dan pembacaan ammeter

( $I_2$ ), arus beban  $I_1$  dapat dihitung jadi arus beban :

$$I_1 = \left[ \frac{N_1}{N_2} \right] \times I_2$$

Untuk menjaga agar fluks ( $\phi$ ) tetap tidak berubah, maka perlu diperhatikan agar rangkaian sekunder selalu tertutup. Dalam keadaan rangkaian sekunder terbuka  $I_2$  sama dengan nol (karena  $I_2 = 0$ ) sedangkan  $N_1 I_1$  tetap ada, sehingga fluks ( $\phi$ ) normal terganggu (Zuhail, 1993 :61).

#### 2.10 OP AMP

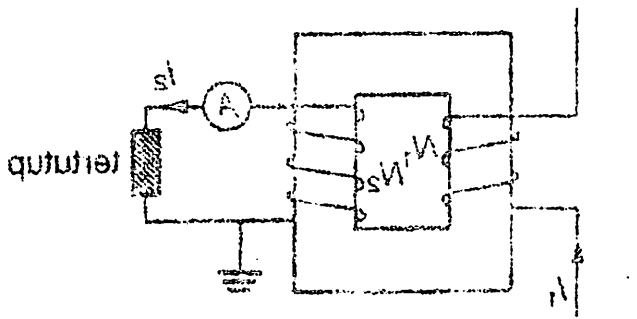
Operasional amplifier (Op-Amp) adalah suatu penguat berpenguatan tinggi yang terintegrasi dalam sebuah chip IC yang memiliki dua input inverting dan non-inverting dengan sebuah terminal output, dimana rangkaian umpan balik dapat ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan pada operasional amplifier (Op-Amp). Pada dasarnya operasional amplifier (Op-Amp) merupakan suatu penguat diferensial yang memiliki 2 input dan 1 output. Op-amp ini digunakan untuk

### 3. Faktor Daya Energi

Faktor daya yang adalah keadaan saat nilai cos φ adalah satu yaitu antara tegangan dan arus menjadi kelua atau berimpit. Faktor daya yang akan terjadi jika jenis beban adalah resistif murni.

#### 3.9 Current Transformer (CT)

Transformator arus digunakan untuk mengukur arus beban suatu rangkaian. Dengan menggunakan transformator arus maka arus beban yang besar dapat diukur dengan alat ukur ammeter yang tidak terlalu besar.



Gambar 3.18 Transformator Arus

Dengan mengetahui perbandingan transformator  $\frac{N_1}{N_2}$  dan pembacaan ammeter

(I<sub>2</sub>) arus beban (I<sub>1</sub>) dapat dihitung jadi arus beban :

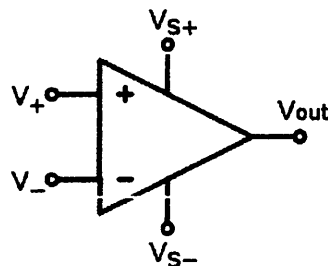
$$I_1 = \left[ \frac{N_2}{N_1} \right] \times I_2$$

Untuk menjaga agar flux (φ) tetap tidak berubah maka perlu dipertahankan arus rangkaian sekunder selalu tertutup. Dalam keadaan rangkaian sekunder terbuka yang N<sub>2</sub>I<sub>2</sub> sama dengan nol (karena I<sub>2</sub> = 0) sedangkan N<sub>1</sub>I<sub>1</sub> tetap ada sehingga flux (φ) normal terganggu (Sudrajat, 1993 : 61)

#### 3.10 OP-AMP

Operasional amplifier (OP-AMP) adalah suatu bagian penggunaan tinggi yang terintegrasi dalam sebuah chip IC yang memiliki dua input inverting dan non inverting dengan sebuah terminal output dimana rangkaian umpan balik dapat dilampirkan untuk mengoperasikan karakteristik rangkaian keseluruhan pada operasional amplifier (OP-AMP). Pada dasarnya operasional amplifier (OP-AMP) merupakan suatu bagian diferensial yang memiliki 3 input dan 1 output OP-amp ini digunakan untuk

membentuk fungsi-fungsi linier yang bermacam-macam atau dapat juga digunakan untuk operasi-operasi tak linier, dan seringkali disebut sebagai rangkaian terpadu linier dasar. Penguat operasional (Op-Amp) merupakan komponen elektronika analog yang berfungsi sebagai amplifier multiguna dalam bentuk IC dan memiliki simbol sebagai berikut :



Gambar 2.19 Simbol Skematik Op Amp

### 2.10.1 Prinsip Kerja Op Amp

Prinsip kerja sebuah operasional Amplifier (Op-Amp) adalah membandingkan nilai kedua input (input inverting dan input non-inverting), apabila kedua input bernilai sama maka output Op-amp tidak ada (nol) dan apabila terdapat perbedaan nilai input keduanya maka output Op-amp akan memberikan tegangan output. Operasional amplifier (Op-Amp) dibuat dari penguat diferensial dengan 2 input. Sebagai penguat operasional ideal, operasional amplifier (Op-Amp) memiliki karakteristik sebagai berikut : Impedansi Input ( $Z_i$ ) besar =  $\infty$  Impedansi Output ( $Z_o$ ) kecil = 0 Penguatan Tegangan ( $A_v$ ) tinggi =  $\infty$  Band Width respon frekuensi lebar =  $\infty$   $V_0 = 0$  apabila  $V_1 = V_2$  dan tidak tergantung pada besarnya  $V_1$ . Karakteristik operasional amplifier (Op-Amp) tidak tergantung temperatur / suhu.

### 2.10.2 Op Amp Ideal

Op-amp pada dasarnya adalah sebuah differential amplifier (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan. Input (masukan) op-amp ada yang dinamakan input inverting dan non-inverting. Op-amp ideal memiliki open loop gain (penguatan loop terbuka) yang tak terhingga besarnya. Seperti misalnya op-amp LM741 yang sering digunakan oleh banyak praktisi elektronika, memiliki karakteristik tipikal open loop gain sebesar  $10^4 \sim 10^5$ . Penguatan yang sebesar ini membuat op-amp menjadi tidak stabil, dan penguatannya menjadi tidak terukur (infinite). Disinilah peran rangkaian negative feedback (umpanbalik negatif) diperlukan, sehingga op-amp dapat dirangkai menjadi aplikasi dengan nilai penguatan yang terukur (finite).

Impedansi input op-amp ideal mestinya adalah tak terhingga, sehingga mestinya arus input pada tiap masukannya adalah 0. Sebagai perbandingan praktis, op-amp LM741 memiliki impedansi input  $Z_{in} = 10^6$  Ohm. Nilai impedansi ini masih relatif sangat besar sehingga arus input op-amp LM741 mestinya sangat kecil.

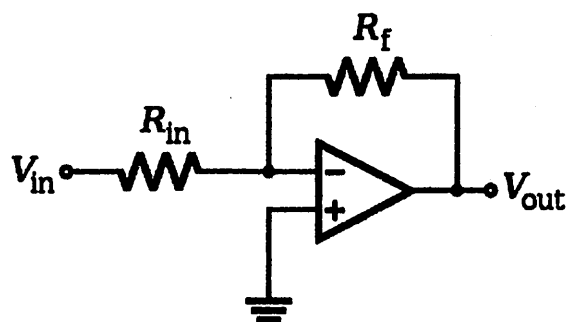
Ada dua aturan penting dalam melakukan analisa rangkaian op-amp berdasarkan karakteristik op-amp ideal. Aturan ini dalam beberapa literatur dinamakan golden rule, yaitu :

Aturan 1: Perbedaan tegangan antara input  $v_+$  dan  $v_-$  adalah nol ( $v_+ - v_- = 0$  atau  $v_+ = v_-$ )

Aturan 2: Arus pada input Op amp adalah nol ( $i_+ = i_- = 0$ )

### 2.10.3 Inverting

Rangkaian penguat inverting merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi untuk memperkuat dan membalik polaritas sinyal masukan. Jadi, ada tanda minus pada rumus penguatannya. Penguatan inverting amplifier adalah bisa lebih kecil nilai besaran dari 1. Rangkaian inverting dideskripsikan oleh Gambar dibawah ini:

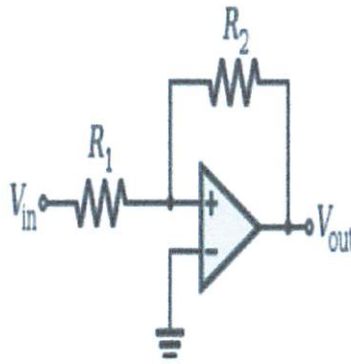


Gambar 2.20 Rangkaian Inverting

Sebuah penguat pembalik menggunakan umpan balik negatif untuk membalik dan menguatkan sebuah tegangan. Resistor  $R_f$  melewatkan sebagian sinyal keluaran kembali ke masukan. Karena keluaran tak sefase sebesar  $180$  derajat, maka nilai keluaran tersebut secara efektif mengurangi besar masukan.

### 2.10.4 Non-Inverting

Penguat non-inverting amplifier merupakan kebalikan dari penguat inverting, dimana input dimasukkan pada input non-inverting sehingga polaritas output akan sama dengan polaritas input tapi memiliki penguatan yang tergantung dari besarnya hambatan feedback dan hambatan input. Rangkaian Non-Inverting dideskripsikan oleh Gambar dibawah ini:



Gambar 2.21 Rangkaian Non-Inverting

Penguat ini memiliki masukan yang dibuat melalui input non-inverting. Dengan demikian tegangan keluaran rangkaian ini akan satu fasa dengan tegangan inputnya.

### 2.10.5 Rangkaian FeedBack

Pada Op-Amp memiliki 2 rangkaian feedback (umpan balik) yaitu feedback negatif dan feedback positif dimana Feedback negatif pada op-amp memegang peranan penting. Secara umum, umpan balik positif akan menghasilkan osilasi sedangkan umpan balik negatif menghasilkan penguatan yang dapat terukur.

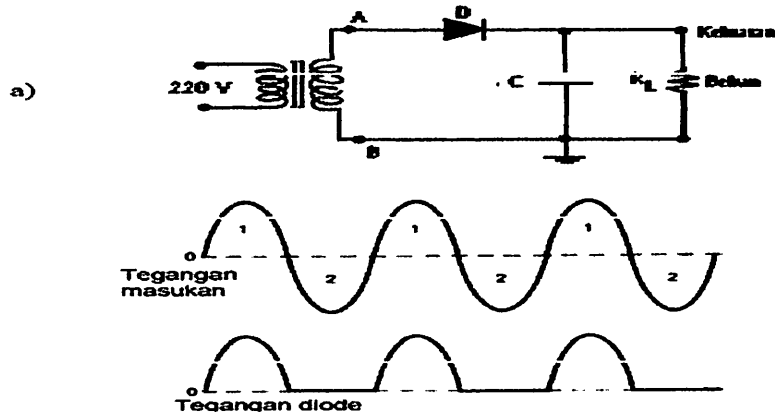
### 2.11 Rangkaian Penyearah dan Pembagi Tegangan

Penyearah adalah rangkaian elektronika yang berfungsi menyearahkan gelombang arus listrik. Arus listrik yang semula berupa arus bolak-balik (AC) jika dilewatkan rangkaian Penyearah akan berubah menjadi arus searah (DC). Dioda merupakan salah satu komponen elektronika yang termasuk komponen aktif Dioda merupakan piranti non-linier yang berfungsi untuk menyearahkan arus dari ac menjadi dc. Setiap dioda yang berbeda mempunyai tegangan cut-in dan tegangan breakdown yang berbeda-beda. Setiap dioda yang berbeda juga menghasilkan kurva i-v yang berbeda pula. Selain sebagai penyearah, dioda juga dapat diterapkan untuk melindungi peralatan elektronika (misalnya, radio dan komputer) dari kerusakan akibat terbaliknya polaritas ketika dihubungkan ke suplai dc. Jika suplai dc dihubungkan dengan polaritas yang salah (A- B+) maka dioda dipanjar mundur sehingga tidak akan melakukan arus ke rangkaian.



### a. Penyearah Setengah Gelombang

Tegangan setengah gelombang menghasilkan arus beban satu arah, artinya arus mengalir hanya satu arah saja. Tegangan tersebut merupakan tegangan dc yang bergerak naik sampai nilai max dan turun sampai nol dan tetap nol selama siklus setengah negatif.

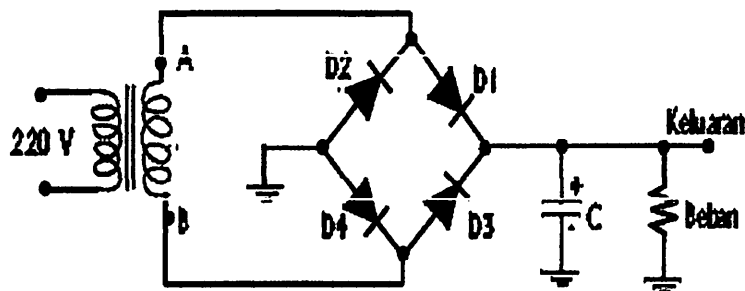


Gambar 2.20 Penyearah Setengah gelombang

Rangkaian di atas merupakan rangkaian penyearah yang menggunakan satu buah dioda. Sesuai dengan prinsip dasar dioda, idealnya dioda akan berfungsi seperti seutas kawat pada saat diberi bias maju dan berfungsi bagaikan saklar terbuka pada saat diberi bias mundur. Maksud dari bias maju adalah apabila pada terminal anodanya (pangkal dari symbol panah) diberi catu positif kemudian terminal katodanya (ujung symbol panah) diberi catu negative. Intinya arus listrik bisa mengalir apabila searah dengan arah panah, sedangkan jika herlawanan dengan arah panah maka arus tidak bisa mengalir.

### b. Penyearah Gelombang Penuh

Penyearah gelombang penuh adalah penyearah jembatan yang menghasilkan tegangan keluaran dc lengkap dalam satu periode dari tegangan masukan ac. Rangkaian penyearah dengan empat dioda disebut penyearah jembatan.

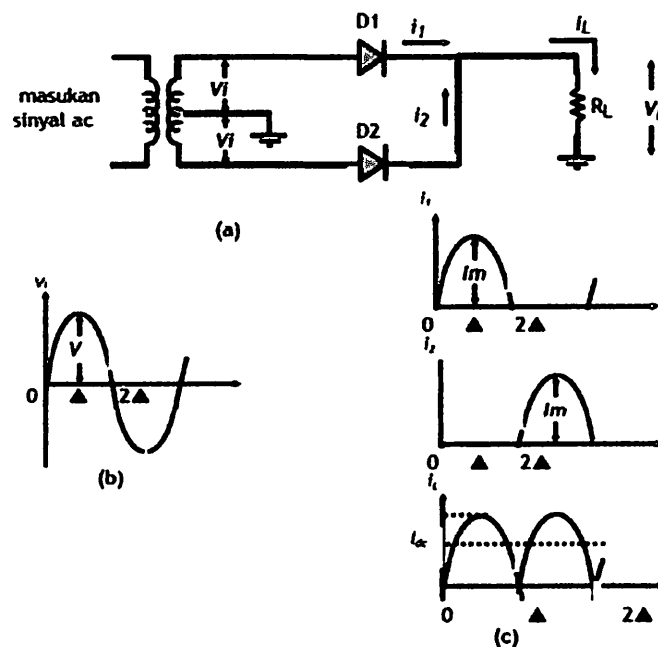


Gambar 2.21 Penyearah Gelombang Penuh



Penyearah gelombang penuh model jembatan memerlukan empat buah diode. Dua diode akan berkonduksi saat isyarat positif dan dua diode akan berkonduksi saat isyarat negatif. Untuk model penyearah jembatan ini kita tidak memerlukan transformator yang memiliki center-tap. Seperti ditunjukkan pada gambar diatas, bagian masukan AC dihubungkan pada sambungan D1-D2 dan yang lainnya pada D3-D4. Katode D1 dan D3 dihubungkan dengan keluaran positif dan anode D2 dan D4 dihubungkan dengan keluaran negatif(tanah).

Misalkan masukan AC pada titik A berharga positif dan B berharga negatif, maka diode D1 akan berpanjar maju dan D2 akan berpanjar mundur. Pada sambungan bawah D4 berpanjar maju dan D3 berpanjar mundur. Pada keadaan ini elektron akan mengalir dari titik B melalui D4 ke beban , melalaui D1 dan kembali ke titik A. Pada setengah periode berikutnya titik A menjadi negatif dan titik B menjadi positif. Pada kondisi ini D2 dan D3 akan berpanjar maju sedangkan D1 dan D4 akan berpanjar mundur. Aliran arus dimulai dari titik A melalui D2, ke beban, melalui D3 dan kembali ke titik B. Perlu dicatat di sini bahwa apapun polaritas titik A atau B, arus yang mengalir ke beban tetap pada arah yang sama.



Gambar 2.22 penyearah gelombang penuh Trafo CT

Beberapa penulisan persamaan yang telah kita lakukan untuk rangkaian-rangkaian seri dan paralel yang sederhana dapat dihindari. Hal ini dicapai dengan

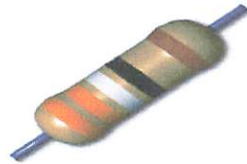
mengganti kombinasi tahanan (resistor) yang relatif sukar dengan sebuah tahanan ekivalen bila mana kita khususnya tak berminat menentukan arus, tegangan, atau daya yang berkaitan dengan masing-masing tahanan di dalam kombinasi tersebut. Semua hubungan yang menyangkut arus, tegangan, dan daya di dalam sisa rangkaian tersebut akan sama.

## 2.12 Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen elektronika yang bersifat pasif dimana komponen ini tidak membutuhkan arus listrik untuk berkerja. Resistor memiliki sifat menghambat arus listrik dan resistor sendiri memiliki nilai besaran hambatan yaitu ohm dan dituliskan dengan simbol  $\Omega$ .

### a. Fixed Resistor

Fixed resistor merupakan yang nilai hambatannya bernilai tetap, dimana nilai-nilai ketetapan resistor fixed ini di atur oleh EIA ( *Electronic Industries Association* ).



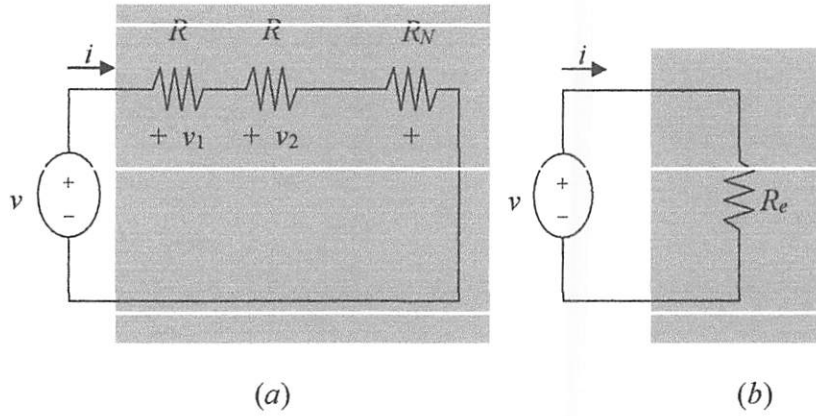
Gambar 2.23 Jenis Resistor

### b. Variabel Resistor

Merupakan resistor yang nilai hambatannya dapat diubah-ubah. Bentuk atau jenis dari resistor variable ini juga sangat banyak misalnya potensiometer dan trimpot. Biasanya tujuan dari penggunaan variabel resistor ini sebagai pembagi tegangan yang dapat kita atur misalnya, pengaturan volume amplifier analog dan sebagainya.



Gambar 2.24 Jenis Variabel resistor Trimpot



Gambar 2.25 Resistor

Mula-mula kita tinjau kombinasi seri  $N$  tahanan, yang diperlihatkan secara skematis dalam Gambar 2-25. Garis terputus-putus yang mengitari tahanan-tahanan tersebut dimaksudkan untuk menyarankan bahwa tahanan-tahanan tersebut dikurung di dalam sebuah “kotak hitam,” atau barang kali di dalam kamar lain, dan kita ingin mengganti ke  $N$  tahanan tersebut dengan satu tahanan dengan besar tahanan  $R_{eq}$  sehingga sisa rangkaian, yang hanya hal ini hanya sumber tegangan tidak menyadari bahwa perubahan telah dilakukan. Arus sumber, daya, dan tentu saja tegangan akan sama sebelum dan sesudah perubahan tersebut

Kita pakai hukum tegangan Kirchhoff

$$v_s = v_1 + v_2 + \dots + v_N$$

dan hukum Ohm

$$v_s = R_1 i + R_2 i + \dots + R_N i = (R_1 + R_2 + \dots + R_N) i$$

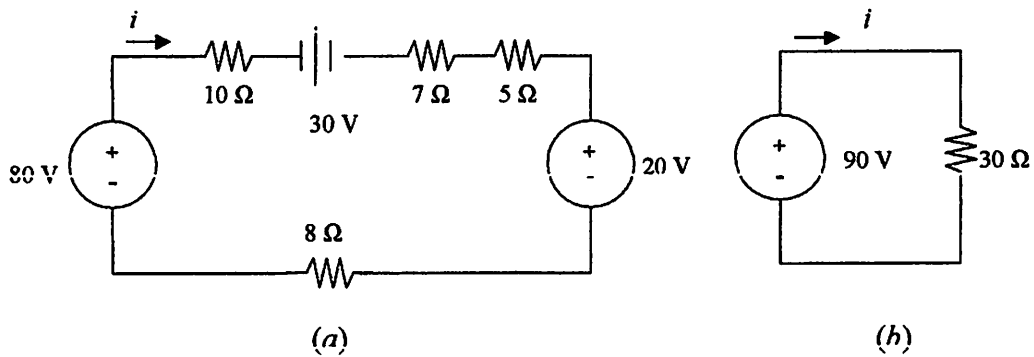
dan kemudian membandingkan hasil ini dengan persamaan sederhana yang dipakai kepada rangkaian ekuivalen yang diperlihatkan di dalam Gambar 2-17,

$$v_s = R_{eq} i$$

Jadi, harga dari tahanan ekuivalen untuk  $N$  tahanan seri adalah

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_N \tag{7}$$

Karena itu kita mampu menggantikan sebuah jaringan dua pintu yang terdiri  $N$  tahanan dalam seri, dengan satu elemen  $R_{eq}$  berterminal dua, yang mempunyai hubungan  $v-i$  yang sama. Tak ada pengukuran yang dilakukan terhadap “kotak hitam” tersebut, dapat mengungkapkan yang mana dari jaringan yang asli



Gambar 2.26 Resistor seri

Penyederhanaan ini dapat digambarkan dengan meninjau rangkaian yang diperlihatkan di dalam Gambar 2.26 Mula-mula kita pertukarkan kedudukan elemen-elemen dalam rangkaian, dan dengan seksama mempertahankan arah yang wajar dari sumber, dan kemudian menggabungkan ketiga tegangan tersebut ke dalam sebuah sumber ekivalen 90-V dan keempat tahanan tersebut dalam sebuah tahanan ekivalen 30- $\Omega$ , seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2-16b. Jadi, dari pada menuliskan

$$-80 + 10i - 30 + 7i + 5i + 20 + 8i = 0$$

kita hanya mempunyai

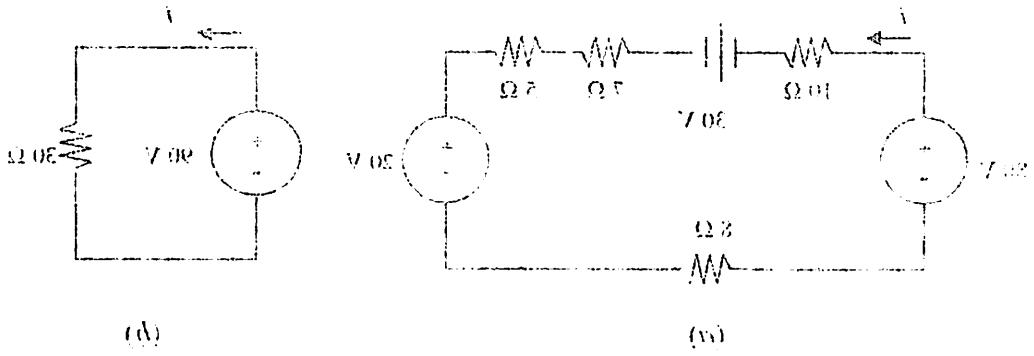
$$-90 + 30i = 0$$

dan  $i = 3 \text{ A}$

Untuk menghitung daya yang diberikan kepada rangkaian oleh sumber 80 V yang muncul di dalam rangkaian yang diketahui, maka kita perlu kembali kepada rangkaian dengan mengetahui bahwa arusnya adalah 3 A. Daya yang ditanya adalah 240 W.

Pembagi tegangan ini digunakan untuk pengukuran tegangan tinggi searah, tegangna tinggi impuls dan tegangan tinggi bolak – balik. Pembagi tegangan ini terdiri atas dua resistor yang terhubung seri, yaitu resistor tegangan tinggi  $R_h$  dan resistor tegangan rendah  $R_1$ . Resistor tegangan tinggi dibuat dari konduktor yang dihelitkan pada suatu inti yang terbuat dari bahan dielektrik. Alat ukur tegangan rendah dihubungkan parallel pada resistor tegangan rendah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.17

Jika tahanan [ada alat ukur jauh lebih besar dari  $R_1$ , maka arus yang mengalir pada kedua resistor  $R_h$  dan  $R_1$  adalah :



Gambar 2.26 Resistor seri

Perbedaan ini dapat digambarkan dengan meninjau rangkaian yang diperlihatkan di dalam Gambar 2.26. Mula-mula kita pertukarkan kedudukan elemen-elemen dalam rangkaian dan dengan sekiranya mempertahankan arah yang wajar dari sumber dan kemudian mendapatkan kedua rangkaian tersebut ke dalam sebuah sumber ekuivalen 30-V dan kesepuluh tahanan tersebut dalam sebuah tahanan ekuivalen 30- $\Omega$  seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2-16*a*. Jadi, dapat menuliskan

$$-30 + 10i + 30 + 7i + 2i + 30 + 8i = 0$$

kita dapat mempunyai

$$-30 + 50i = 0$$

$$i = 3 \text{ A}$$

Untuk menghitung daya yang diberikan kepada rangkaian oleh sumber 30 V yang muncul di dalam rangkaian yang dikawatirkan maka kita perlu kembali kepada rangkaian dengan mengetahui bahwa arusnya adalah 3 A. Daya yang ditanya adalah 240 W.

Perbagi tegangan ini digunakan untuk perubahan tegangan tinggi rendah tegangan tinggi impuls dan tegangan tinggi bolak-balik. Perbagi tegangan ini terdiri atas dua resistor yang terhubung seri yaitu resistor tegangan tinggi ( $R_1$ ) dan resistor tegangan rendah ( $R_2$ ). Resistor tegangan tinggi dibuat dari konduktor yang dibalutkan pada suatu inti yang terbuat dari bahan dielektrik. Alat ukur tegangan rendah dihubungkan

paralel pada resistor tegangan rendah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.

Jika tahanan pada alat ukur jauh lebih besar dari  $R_2$  maka alat ukur mengkalibrasi pada

kedua resistor  $R_1$  dan  $R_2$  adalah :

$$I = \frac{V_s}{R_h + R_l}$$

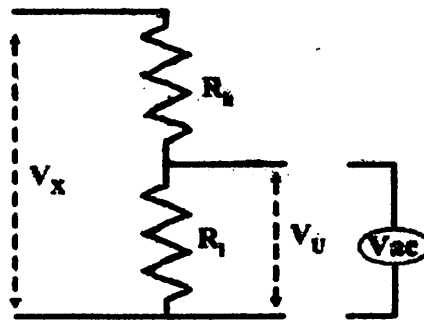
Tegangan yang diukur voltmeter adalah:

$$V_U = I \cdot R_l$$

Hubungan tegangan yang diukur ( $V_U$ ) dengan yang ditunjukkan alat ukur ( $V_x$ ) diturunkan seperti persamaan di bawah ini :

$$V_x = \frac{R_h + R_l}{R_l} \cdot V_U$$

$$R_h = \frac{(V_x \cdot R_l) - (V_U \cdot R_l)}{V_U}$$



Gambar 2.27 Rangkaian Pembagi Tegangan Resistif

## 2.13 Sinyal Analog dan Digital

### 2.13.1 Sinyal Analog

Pengertian Sinyal Analog / Isyarat Analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang kontinu, yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombang. Dua parameter/ karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitudo dan frekuensi. Isyarat analog biasanya dinyatakan dengan gelombang sinus, mengingat gelombang sinus merupakan dasar untuk semua bentuk isyarat analog. Gelombang pada Sinyal Analog yang umumnya berbentuk gelombang sinus memiliki tiga variable dasar, yaitu amplitudo, frekuensi dan phase.

- Amplitudo merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog.
- Frekuensi adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik.
- Phase adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu.



Pengertian Sinyal Digital Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1. Teknologi Sinyal digital hanya memiliki dua keadaan, yaitu 0 dan 1, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau/noise, tetapi transmisi dengan sinyal digital hanya mencapai jarak jangkauan pengiriman data yang relatif dekat. Sinyal Digital juga biasanya disebut juga Sinyal Diskret. Sistem Sinyal Digital merupakan bentuk sampling dari sistem analog digital pada dasarnya di code-kan dalam bentuk biner (atau Hexa) besarnya nilai suatu sistem digital dibatasi oleh lebarnya / jumlah bit (bandwidth). jumlah bit juga sangat mempengaruhi nilai akurasi sistem digital. Teknologi Sinyal Digital ini juga memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh Teknologi Sinyal Analog Diantaranya adalah dibawah ini :

- a. Mampu mengirimkan informasi dengan kecepatan cahaya yang dapat membuat informasi dapat dikirim dengan kecepatan tinggi
- b. Penggunaan yang berulang – ulang terhadap informasi tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas informasi itu sendiri.
- d Informasi dapat dengan mudah diproses dan dimodifikasi ke dalam berbagai bentuk.

Dapat memproses informasi dalam jumlah yang sangat besar dan mengirimnya secara interaktif

Pada saat ini banyak teknologi-teknologi yang memakai Teknologi Sinyal Digital. Karena kelebihan kelebihannya, antara lain:

Untuk menyimpan hasil pengolahan, sinyal digital lebih mudah dihandingkan sinyal analog. Untuk menyimpan sinyal digital dapat menggunakan media digital seperti CD, DVD, Flash Disk, Hardisk. Sedangkan media penyimpanan sinyal analog adalah pita tape magnetik, lebih kebal terhadap noise karena bekerja pada level '0' dan '1', lebih kebal terhadap perubahan temperatur, lebih mudah pemrosesannya.

### **2.13.2 Analog Digital Converter**

Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit diset kemudian diuji, dan bilamana perlu sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8 clock, dan keluaran D/A merupakan nilai analog yang ekuivalen dengan nilai register SAR. Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekuivalen ke dalam

Pengiriman sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1. Teknologi sinyal digital hanya memiliki dua keadaan yaitu 0 dan 1, sehingga tidak mudah terganggu oleh distorsi atau perubahan energi digital hanya mencakup jarak-jarak pengiriman data yang relatif dekat. Sinyal Digital juga biasanya disebut juga Sinyal Sistem Digital merupakan bentuk sampling dari sistem analog digital pada dasarnya di codekan dalam bentuk biner (satu bit) (satu bit) bit (bandwidth) digital dibatasi oleh lebaranya ( jumlah bit (bandwidth) jumlah bit juga sangat mempengaruhi nilai akurasi sistem digital. Teknologi Sinyal Digital ini juga memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh Teknologi Sinyal Analog diantaranya adalah sebagai ini :

- a. Dapat meningkatkan informasi dengan kecepatan cahaya yang dapat membuat informasi dapat diterima dengan kecepatan tinggi
- b. Penggunaan yang berulang – ulang terhadap informasi tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas informasi itu sendiri.
- c. Informasi dapat mudah diproses dan dimodifikasi ke dalam berbagai bentuk.

Dapat memproses informasi dalam jumlah yang sangat besar dan mengimunitas secara interaktif

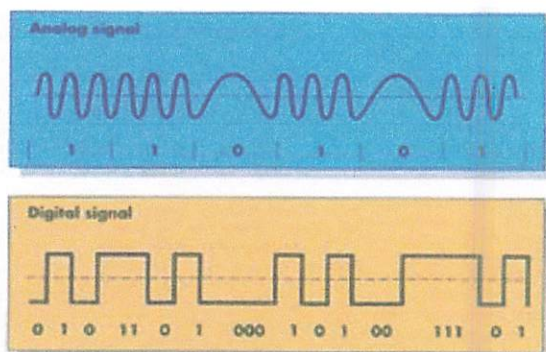
Pada saat ini banyak teknologi-teknologi yang memakai Teknologi Sinyal Digital. Karena kelebihan kelebihannya, antara lain

1. Tidak memerlukan basis pengalihan, sinyal digital lebih mudah dipindahkan
2. Sinyal analog, untuk menyimpan sinyal digital dapat menggunakan media digital seperti CD, DVD, Flash Disk, Hardisk. Sedangkan media penyimpanan sinyal analog adalah pita tape magnetik. Lebih kecil terhadap noise karena bekerja pada level 0 dan 1. Lebih kecil terhadap perubahan temperatur, lebih mudah pemrosesannya.

### 2.13.2 Analog Digital Converter

Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit data kemudian dijumlahkan dan ditamamkan menjadi sebuah kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8 clock, dan kemudian CD A merupakan nilai analog yang ekuivalen dengan nilai resistor ZAR. Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengimul sinyal selesai konversi yang perlu dikalibrasi. Sisi input ini akan menghasilkan data digital yang ekuivalen ke dalam

register buffer. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan di mulai siklus konversi yang baru.

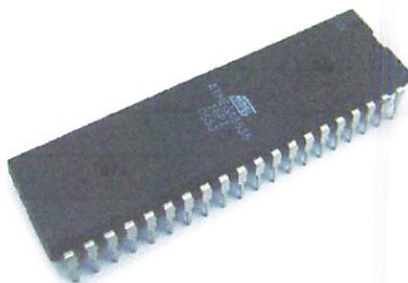


Gambar 2.28 Sinyal Analog dan Sinyal Digital

## 2.14 AVR ATMEGA 8535

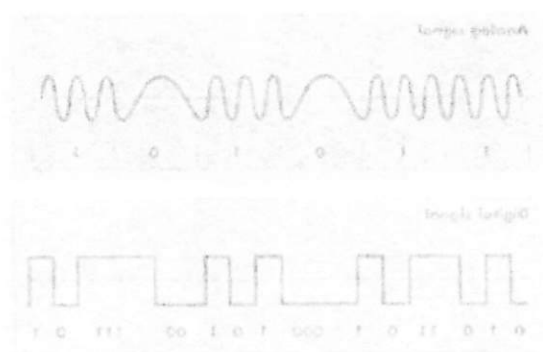
AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua intruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general – purpose, time/counter* fleksibel dengan *mode compare, interrupt* internal dan eksternal, serial USART, Programabel Watcdog Timer, dan *mode power saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-system Programmable on-Chip* yang mengijinkan memori program untuk deprogram ulang dalam system menggunakan hubungan serial SPI.

ATMEGA 8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATMEGA 8535 mempunyai *throughput* mendeteksi 1 MPS per MHz membuat desain dari system untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.



Gambar 2.29 Bentuk Fisik ATMEGA 8535

di mulai siklus konversi yang baru. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekehilang akan register buffer.



Gambar 2.28 Sinyal Analog dan Sinyal Digital

## 2.14 AVR ATMEGA 833

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general - purpose, timer counter, flexible dengan word compare, word write internal dan eksternal, serial USART, Programable Watchdog Timer, dan word power saving. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *non-volatile* erasable (EEP) yang mengijinkan memori program untuk digunakan ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

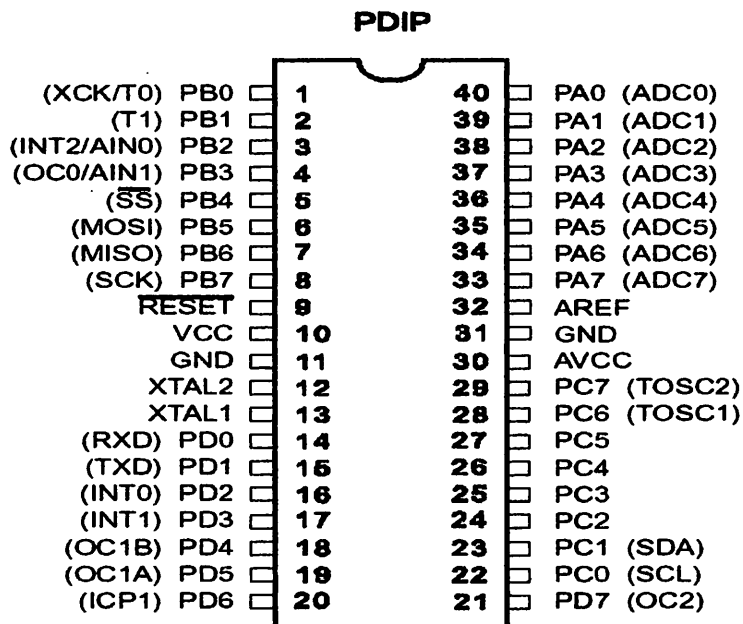
ATMEGA 8333 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditunjukkan. Kelemahan instruksi dikerjakan pada satu siklus clock. ATMEGA 8333 mempunyai kecepatan maksimum 1 MHz per MHz membuat desain dari sistem memiliki optimisasi konstanta daya versus kecepatan proses.



Gambar 2.29 Bentuk Fisik ATMEGA 8333

### 2.14.1 Fungsi Pin Mikrokontroler ATMEGA 8535

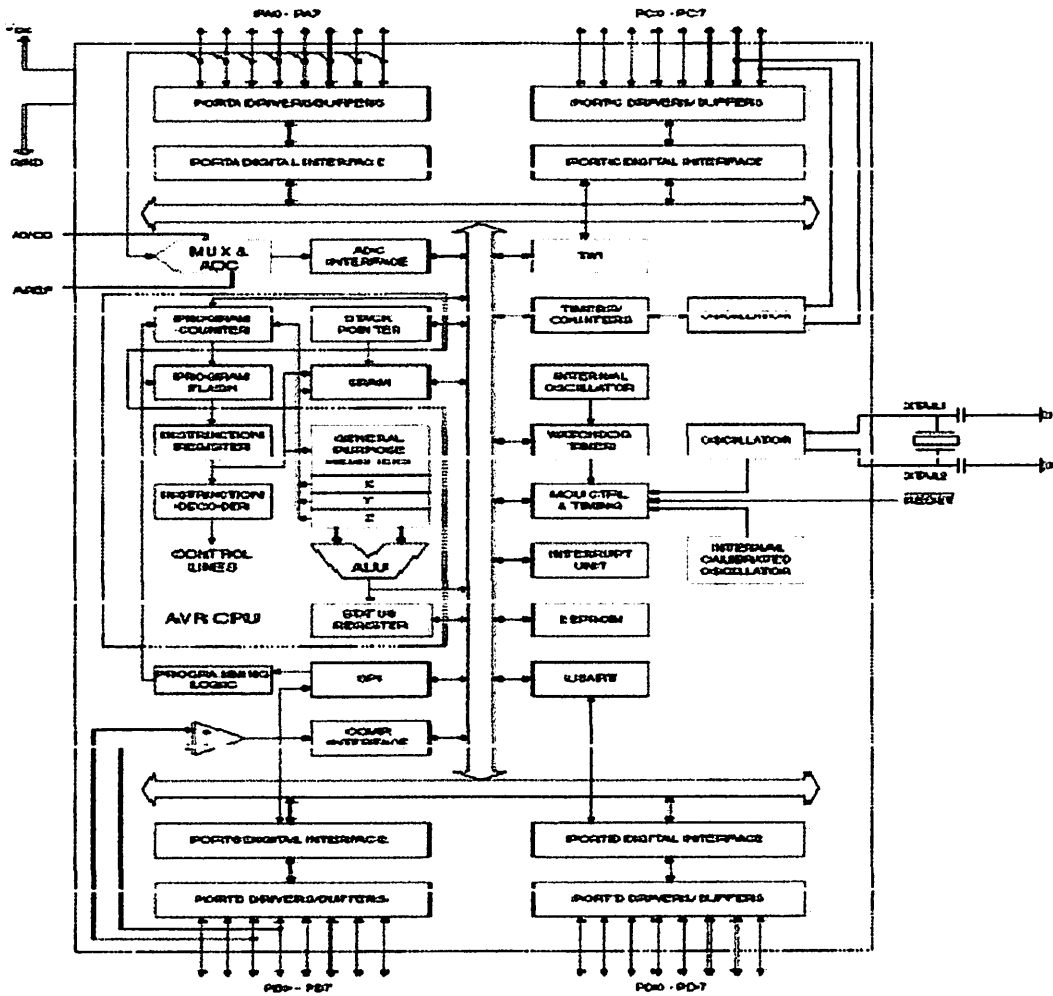
Susunan pin – pin dari IC mikrokontroler ATMEGA 8535 diperlihatkan pada gambar 2.4. IC ini tersusun atas 40 pin yang memiliki beberapa fungsi tertentu.



Gambar 2.30 Fungsi Pin IC mikrokontroler ATMEGA 8535

### 2.14.2 Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA 8535

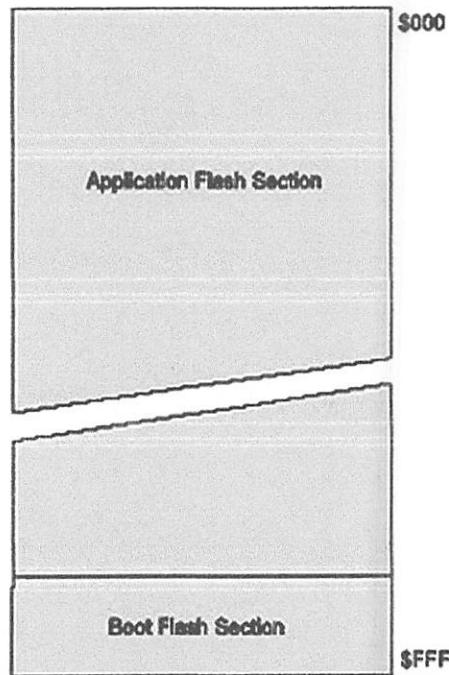
Seperti yang diungkapkan diatas bahwa mikrokontroler ATMEGA 8535 merupakan mikrokontroler CMOS dengan daya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC 8-bit. Arsitektur ini mendukung kemampuan untuk melaksanakan eksekusi instruksi hanya dalam siklus clock osilator. Hal ini sangat cocok untuk mendesain suatu system aplikasi yang cepat dan hemat daya. AVR ini memiliki fitur untuk memnghemat konsumsi daya, yaitu dengan menggunakan mode sleep. Mode sleep pada mikrokontroler ATMEGA 8535 ada enam macam, yaitu modeidle, mode ADC Noise Reduction, mode Powr-save, mode Power-down, mode Standby dan mode Extended Standby.



Gambar 2.31 Arsitektur ATMEGA 8535

### 2.14.3 Organisasi Memori

Dalam organisasi memori AVR, 32 register keperluan umum (GPR) menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$000 sampai \$001F. Sedangkan register – register khusus, untuk penanganan I/O dan control terhadap mikrokontroler, menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$0020 hingga \$005F. register – register ini merupakan register – register khusus digunakan digunakan untuk melakukan pengaturan fungsi terhadap berbagai perihal mikrokontroler semacam control register, time/counter, fungsi – fungsi I/O, dan sebagainya. Kelompok register ini dinamakan kelompok *register I/O*. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$0060 sampai dengan \$025F. gambaran peta memori untuk AVR ATMEGA 8535 ditunjukkan oleh gambar dibawah ini :



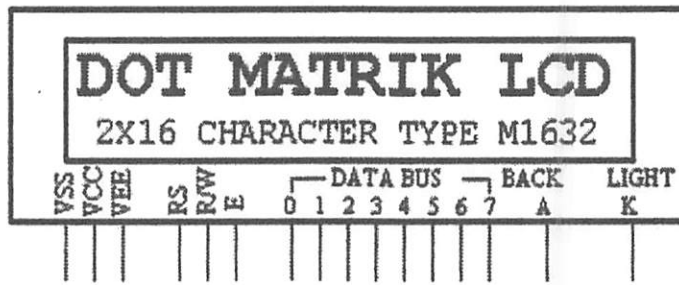
Gambar 2.32 Organisasi Memori ATMEGA 8535

#### 2.14.4 Pemrograman ATMEGA 8535

ATMEGA 8335 memiliki 130 buah instruksi. Sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum instruksi – instruksi dalam AVR dapat dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu aritmatika dan logika, percabangan, transfer data, serta bit dan bit test

#### 2.15 Liquid Chrystal Display (LCD) M1632

Pada *outputan* KWH meter digital ini menggunakan LCD type M1632. M1632 ini merupakan sebuah rangkaian *Liquid Chrystal Display (LCD) dot matriks* yang hanya membutuhkan daya bernilai kecil. M1632 ini memiliki tampilan LCD yang cukup terang dan lebar., selain itu juga dilengkapi dengan IC CMOS LCD yang dapat digunakan sebagai pengaturan *Kontroler* tersebut dilengkapi dengan karakter RAM/ROM dan juga tampilan dari data RAM. Semua fungsi tampilan dapa LCD diatur oleh instruksi – instruksi dan LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan ke MCU. Kemudahan tersebut membuat M1632. inimudah digunakan dalam berbagai macam aplikasi serta tampilan untuk *mikrokomputer* dan juga tampilan pada alat pengukur.



Gambar 2.33 Dot Matrik LCD M1632

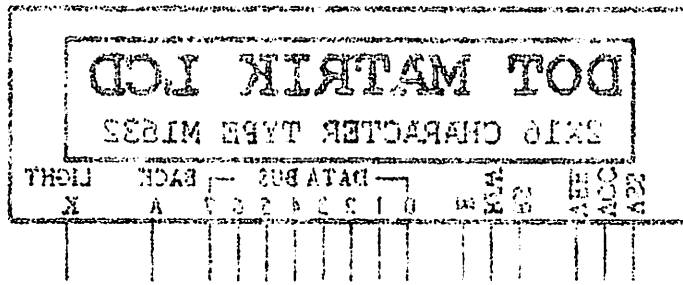
### 2.15.1 Karakteristik LCD M1632:

1. 16 karakter dalam 2 baris tampilan (8x2). Setiap karakter terdiri dari 5x7 dot matriks.
2. Karakter ROM terdiri dari 192 tipe karakter (font karakter : 5x7 dot matriks).
3. Karakter RAM terdiri dari 8 tipe karakter (program write) (font karakter : 5x7 dot matriks).
4. Memungkinkan untuk dihubungkan dengan MPU 4 bit dan 8 bit.
5. Dilengkapi dengan berbagai macam intruksi : *display clear*, *cursor home*, *display on/off*, *cursor on/off*, *display character blink*, *cursor shift* dan *display shift*.
6. Dilengkapi dengan rangkaian *oscillator*.
7. *Single power supply* sebesar +5V.
8. Dilengkapi dengan rangkaian *reset* otomatis pada waktu *power ON*.
9. Batasan *temperature* pada waktu beroperasi sebesar 0°C sampai dengan 50°C.
10. Untuk fungsi dari masing – masing penyemat LCD M1632 dapat dilihat dalam tabel.

Tabel 2.1 Fungsi Penyemat LCD

Nama Penyemat	Fungsi
D0 – D7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan pada LCD.
Enable (E)	Sinyal operasi awal. Sinyal ini akan mengaktifkan data tulis atau baca.
R/W	Sinyal seleksi tulis dan baca: 0 = tulis 1 = baca
RS	Sinyal pemilih register internal :





Gambar 2.22 LCD Matrix LCD MIBS3

2.1.1 Karakteristik LCD MIBS3:

1. Karakter ROM terdiri dari 1024 tipe karakter (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter) (10x karakter)
2. Karakter RAM terdiri dari 8 tipe karakter (program) (program) (program) (program) (program) (program) (program) (program) (program) (program)
3. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
4. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
5. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
6. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
7. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
8. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
9. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.
10. Karakter ROM dan RAM terhubung dengan MIBS3 bit dan 8 bit.

Tabel 2.1 Fungsi Pin pada LCD

No	Fungsi	Pin
1	Power supply (+5V)	VCC
2	Power supply (0V)	GND
3	Control signal (RS)	RS
4	Control signal (RW)	RW
5	Control signal (E)	E
6	Data bus (D0-D7)	D0-D7

	0 – instruksi register (tulis). 1 = data register (tulis dan baca).
$V_{EE}$	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah – ubah nilai resistor variabel yang diumpankan.
$V_{CC}$	Tegangan sumber +5V.
$V_{SS}$	Terminal <i>ground</i> .

## 2.16 Reset

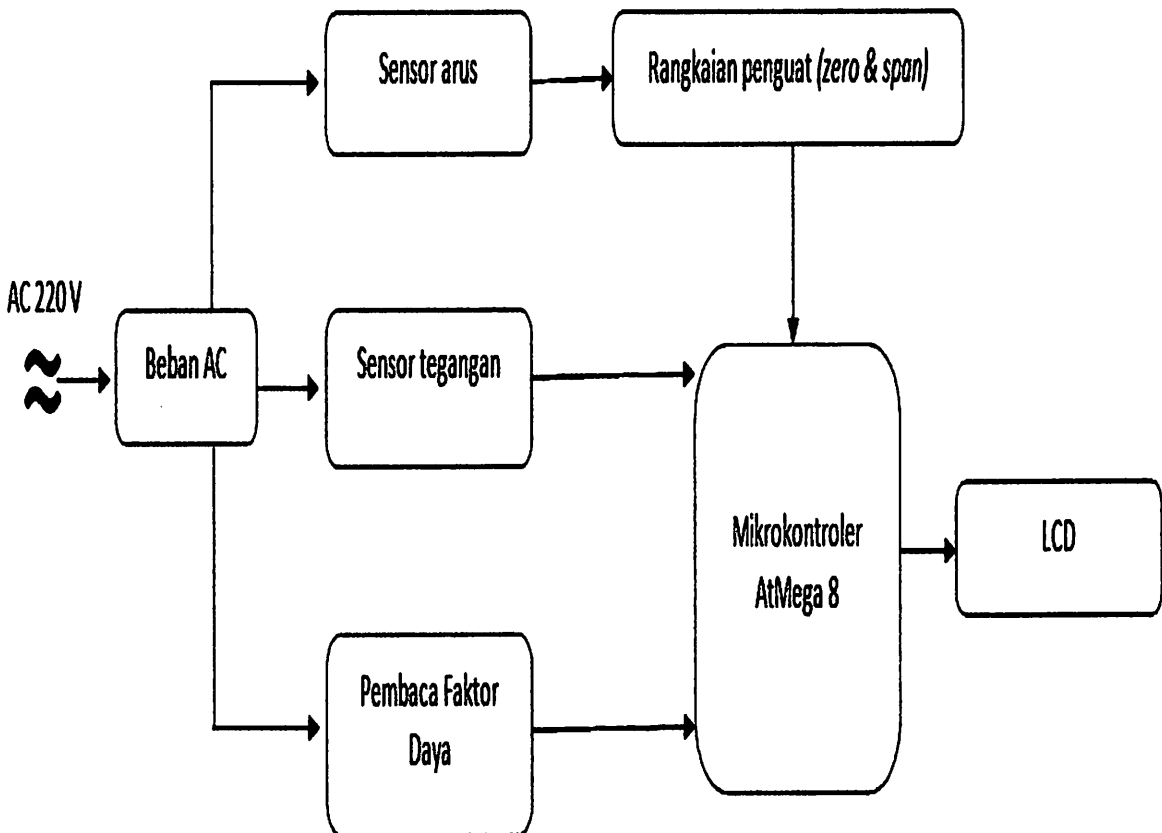
Untuk me-*reset* rangkaian mikrokontroler, digunakan rangkaian *power-on reset*. Rangkaian ini akan me-*reset* mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dihidupkan. Gambar 2.11 ini akan menunjukkan rangkaian *power-on reset*.

Prinsip kerja rangkaian *reset* adalah saat catu daya diaktifkan, rangkaian reset akan menahan logika tinggi pada penyemat RST untuk jangka waktu tertentu. Jangka waktu tersebut ditentukan oleh pengosongan muatan pada kondensator . untuk memastikan keahsahan *reset*, logika tinggi tersebut harus ditahan untuk waktu yang lebih lama dari dau siklus mesin ditambah waktu mulai hidup (*start-on*) osilator.

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 Perancangan Hardware

#### 3.1.1 Blok Diagram



Gambar 3.1 Diagram Blok Secara Keseluruhan

Keterangan dari setiap blok diagram sebagai berikut :

**Sensor Arus:** alat listrik yang berfungsi untuk mengubah atau mentransformasikan besaran listrik (arus) dari besar menjadi kecil.

**Sensor Tegangan :** trafo satu fasa step-down yang mentransformasi tegangan tinggi atau tegangan menengah ke suatu tegangan rendah.

**Pembaca Faktor Daya :** ketetapan nilai  $\cos \phi$  sebesar 1

**Rangkaian Penguat :** Untuk menguatkan arus sebelum dibaca oleh mikrokontroler

**Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 :** untuk mengkalibrasi ADC ke tegangan dan arus. **LCD M1632 :** untuk menampilkan hasil perhitungan/data.

### Prinsip Kerja dari Blok Diagram :

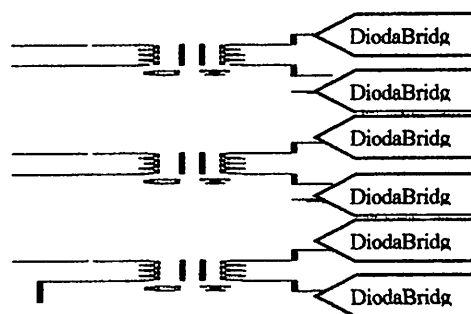
Pembacaan arus beban oleh sensor arus dan pembacaan tegangan oleh sensor tegangan, kemudian memperhitungkan faktor daya beban yang diperoleh dari masing – masing fasa R, S, T dengan mencari selisih atau pergeseran tiap fasa antara sinyal arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Untuk proses pengolahan sinyal tiap fasa terdapat tiga parameter sinyal yakni sinyal arus, sinyal tegangan dan beda fasa kedua sinyal tersebut. Pembacaan ketiga besaran tersebut melalui ADC yang sudah ada didalam AVR ATMEGA 8535, kemudian proses pengolahan ketiga sinyal tiap fasa tersebut dilakukan dengan menggunakan mikrokontroller AVR ATMEGA 8535 sekaligus penjumlahan dari pengolahan fasa R, S, T dan tampilan daya ditunjukkan melalui LCD M1632.

#### 3.1.2 Perancangan Sensor Arus

Untuk detector arus menggunakan trafo arus type CT 50:1 untuk frekuensi 50/60 Hz dan arus maksimal beban 5A

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Trafo ini dirancang untuk beban maksimal sebesar 5A dengan memberikan resistor (RB) pada sisi sekunder pada trafo. Dalam pemasangannya trafo ini diseri dengan beban sehingga bisa mendeteksi adanya perubahan arus yang terjadi sehingga trafo ini berfungsi sebagai trafo arus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat rangkaian pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Sensor Arus

Pembacaan arus beban oleh sensor tegangan dan pembacaan tegangan oleh sensor tegangan. Kemudian menghitung faktor daya beban yang diperoleh dari masing – masing fase R, S, T dengan mencari selisih atau perbedaan tiap fase antara sinyal arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Untuk proses pengolahan sinyal tiap fase terdapat tiga parameter yakni sinyal arus, sinyal tegangan dan beda fase kedua sinyal tersebut. Pembacaan ketiga besaran tersebut melalui ADC yang sudah ada didalam AVR ATMEGA 8232, kemudian proses pengolahan ketiga sinyal tiap fase tersebut dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler AVR ATMEGA 8232 sekaligus penjumlahan dari pengolahan fase R, S, T dan tampilan daya ditunjukkan melalui LCD.

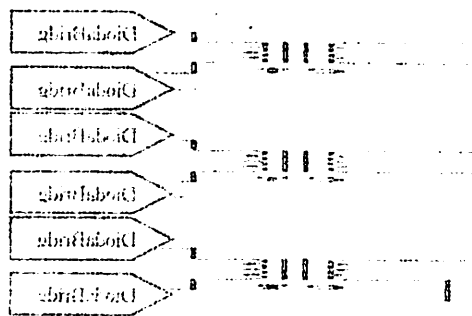
### 3.1.2 Perancangan Sensor Arus

Untuk detector arus menggunakan rasio arus tipe CT 50:1 untuk frekuensi 50/60

Hz dan arus maksimal beban 2A

$$\frac{I_1}{N_1} = \frac{I_2}{N_2} = \frac{I_3}{N_3}$$

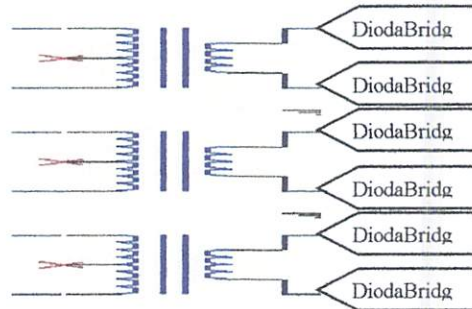
Trafo ini dirancang untuk beban maksimal sebesar 2A dengan memberikan resistor (Rb) pada sisi sekunder pada trafo. Dalam perancangannya trafo ini diseti dengan beban sehingga bisa mendeteksi adanya perubahan arus yang terjadi sehingga trafo ini berfungsi sebagai trafo arus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat rangkaian pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Sensor Arus

### 3.1.3 Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan disini menggunakan trafo tegangan 73.3:1 dan sebuah rangkaian resistor pembagi tegangan.



Gambar 3.3 Sensor Tegangan

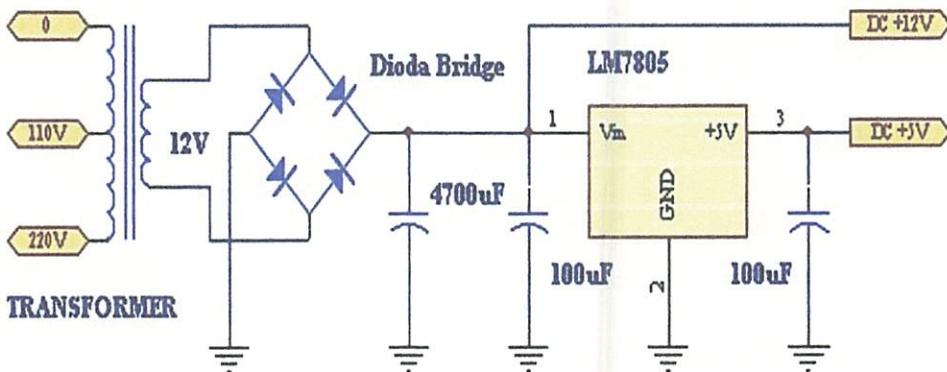
Sensor tegangan dirancang dengan rangkaian pembagi tegangan dengan nilai R dapat di cari dengan rumus  $V=I.R$

$$\text{Diamana } R = \frac{V}{i} = \frac{5}{0,5} = 10k$$

R merupakan hambatan pada sensor tegangan untuk membatasi besarnya arus listrik yang mengalir pada suatu komponen.

### 3.1.4 Perancangan Catu Daya

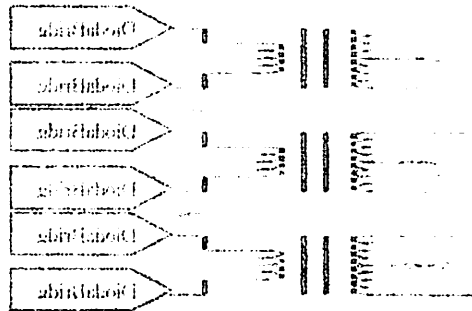
Catu daya adalah perangkat untuk mensuply tegangan ke seluruh rangkaian yang ada. Rangkaian PSA yang dibuat terdiri dari dua keluaran yaitu 5 Volt dan 12 Volt. Keluaran 5 Volt digunakan untuk mensuply tegangan ke seluruh rangkaian.



Gambar 3.4 Rangkaian Catu Daya

### 3.1.3 Potensiometer Sensor Tegangan

Sensor tegangan disini menggunakan tito tegangan V3.3.1 dan sebuah rangkaian resistor pembagi tegangan



Gambar 3.3 Sensor Tegangan

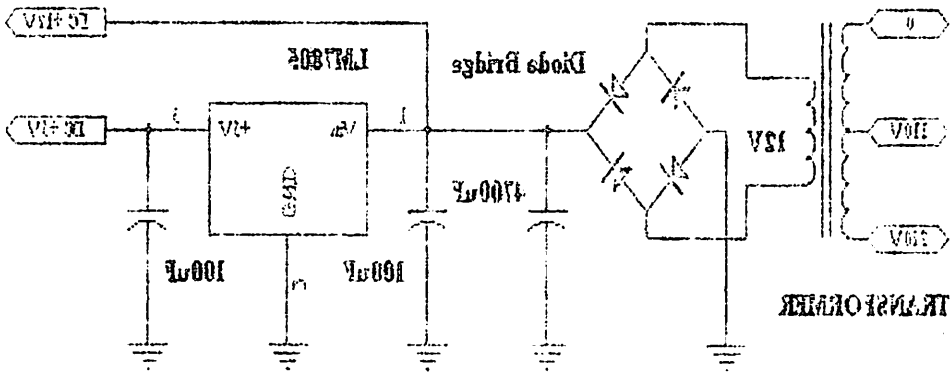
Sensor tegangan dibangun dengan rangkaian pembagi tegangan dengan nilai R dapat di cari dengan rumus  $V = IR$

$$\text{Dimana } R = \frac{V}{I} = \frac{5}{0.02} = 250 \Omega$$

R merupakan hambatan pada sensor tegangan untuk membuat besarnya arus yang mengalir pada suatu komponen.

### 3.1.4 Rangkaian Data Daya

Data daya adalah perangkat untuk mensuply tegangan ke seluruh rangkaian yang ada. Rangkaian B2V yang dibuat terdiri dari dua keluaran yaitu 5 Volt dan 12 Volt. Keluaran 5 Volt digunakan untuk mensuply tegangan ke seluruh rangkaian.

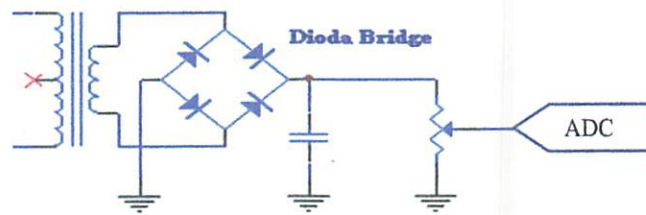


Gambar 3.4 Rangkaian Data Daya

Trafo merupakan trafo step down yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 220V AC menjadi 12V AC kemudian 12V AC akan disearahkan dengan menggunakan jembatan dioda selanjutnya 12V DC akan diratakan oleh kapasitor. Regulator tegangan 5V (7805) digunakan agar keluaran yang dihasilkan tetap 5V.

### 3.1.5 Perancangan Rangkaian Penyearah dan Pembagi Tegangan

Dari perancangan rangkaian penyearah dan pembagi tegangan menggunakan diode dan potensio, rangkaian ini berfungsi untuk menyearahkan dan membagi tegangan dari sensor arus dan sensor tegangan untuk mendapatkan pengukuran yang sesuai.



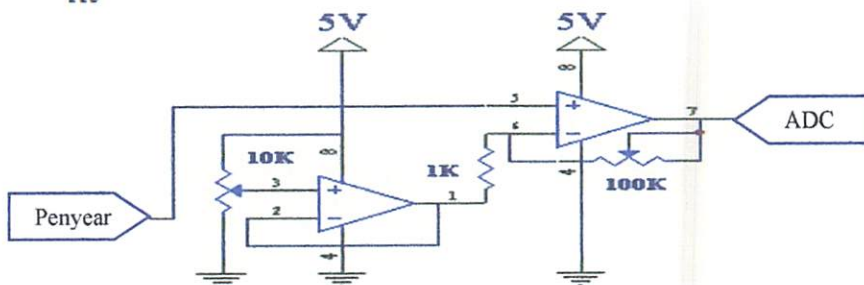
Gambar 3.5 Rangkaian Penyearah dan Pembagi Tegangan

Dimana output dari rangkaian ini adalah tegangan DC berupa gelombang yang amplitudonya diperhalus dengan kapasitor.

### 3.1.6 Perancangan Rangkaian Penguat (OP-AMP)

Dari perancangan rangkaian Penguat ini menggunakan rangkaian penguat non inverting amplifier, input dengan outputnya berlawanan polaritas. Jadi ada tanda minus pada rumus penguatannya. Penguatan inverting amplifier adalah bisa lebih kecil nilai besaran dari 1, misalnya -0.2 , -0.5 , -0.7 , dst dan selalu negatif. Rumus nya :

$$Gain = -\frac{Rf}{Ri}$$



Gambar 3.6 OP-AMP



Fungsi dari penguat ini adalah untuk menguatkan sinyal analog keluaran dari sensor arus CT sehingga dapat diperoleh ketelitian yang lebih pada analog to digital (ADC) yang dikuatkan sebesar 10 kali dengan perhitungan:

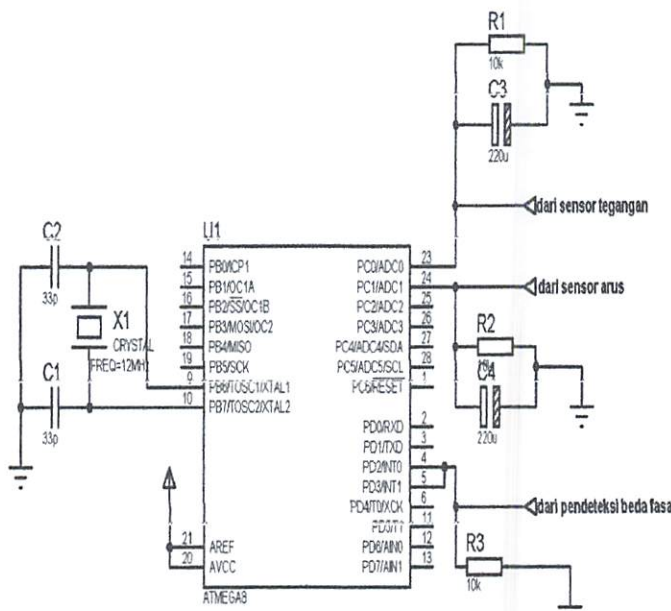
$$\text{Gain} = -\frac{100}{10} = 10 \text{ kali}$$

Penulis menggunakan penguat non-inverting dengan nilai  $R_f=100k$ ,  $R_i=10k$  dari perhitungan diatas didapatkan nilai penguatan sebesar 10 kali.

### 3.1.7 Perancangan ATMEGA 8535

Diagram schematic terdiri dari sensor arus dengan menggunakan sensor (CT) sensor tegangan trafo/transformer LCD sebagai penampil display dan Mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pusat pengendali.

Rangkaian Wattmeter pada dasarnya merupakan rangkaian yang dapat membaca besaran tegangan yang dihasilkan oleh sensor arus dan pengubah tegangan yang terhubung dengan beban, kemudian sinyal tersebut diproses oleh PORT ADC pada mikrokontroler. Pada rangkaian detektor beda fasa keluaran yang akan di proses oleh mikrokontroler berupa lebar pulsa dalam jeda waktu tertentu yang dihasilkan oleh rangkaian detektor beda fasa. PIN *Interrupt* pada mikrokontroler akan membaca lebar pulsa tersebut kemudian program akan menerjemahkannya untuk ditampilkan pada LCD. Berikut ini merupakan bagian-bagian atau blok-blok yang diperlukan dalam perancangan alat ini.



Gambar 3.4 Perancangan ATMEGA 8535

Perigi dari pengantun ini adalah untuk mengantun sinyal analog keturutan dari sensor arus CT sehingga dapat diperoleh ketelitian yang lebih pada analog (ADC) yang dikantun sebesar 10 kali dengan ketelitian.

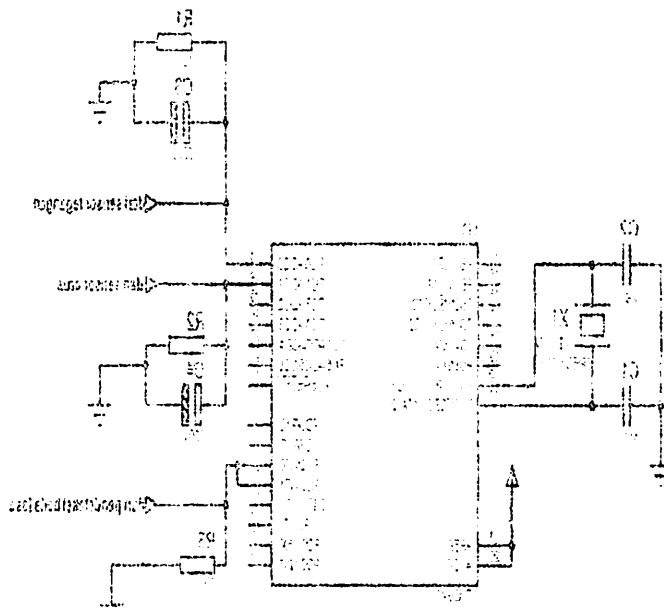
$$\text{Gain} = \frac{R_{22}}{R_1} = 10 \text{ kali}$$

Perigi menggunakan pengantun non-inverting dengan nilai  $R_1=100k$ ,  $R_2=10k$  dan ketelitian di atas diberikan nilai ketelitian sebesar 10 kali.

### 3.1.7 Perancangan ATMEGA 8232

Digantun schematic terdapat dari sensor arus dengan menggunakan sensor (CT) sensor tegangan transformator (CT) sebagai pengantun display dan mikrokontroler ATMEGA 8232 sebagai pusat pengantun.

Rangkaian Wattmeter pada dasarnya merupakan rangkaian yang dapat membaca besaran tegangan yang dihasilkan oleh sensor arus dan pengantun tegangan yang terhubung dengan beban kemudian sinyal tersebut diproses oleh PORT ADC pada mikrokontroler. Pada rangkaian detektor beda fase keturutan yang akan di proses oleh mikrokontroler berupa pulsa dalam waktu tertentu yang dihasilkan oleh rangkaian detektor beda fase. Pin I/O pada mikrokontroler akan membaca pulsa pulsa tersebut kemudian program akan mengantunnya untuk ditampilkan pada LCD. Berikut ini merupakan bagian-bagian dan blok-blok yang diperlukan dalam perancangan alat ini.



Gambar 3.4 Perancangan ATMEGA 8232

Atmega 8535 memiliki Port atau kaki – kaki sebanyak 40 port, port yang digunakan dalam perancangan ATMEGA 8535 ini adalah sebagai berikut :

Port 1-8 (PB0-PB7) disambungkan dengan display LCD

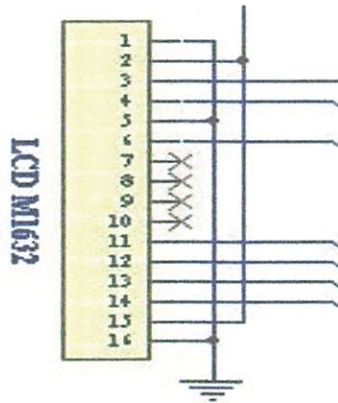
Port 10, 30 disambungkan dengan VCC

Port 11, 31 disambungkan dengan GND

Port 35-40 (PA0-PA5) input ADC yang disambungkan dengan arus dan tegangan.

### 3.1.8 Display LCD M1632

Pada perancangan pembuatan alat ini display yang digunakan berupa Liquid Crisrtal display(LCD) dengan tipe M1632 16 kolom kali 2 baris LCD M1632.

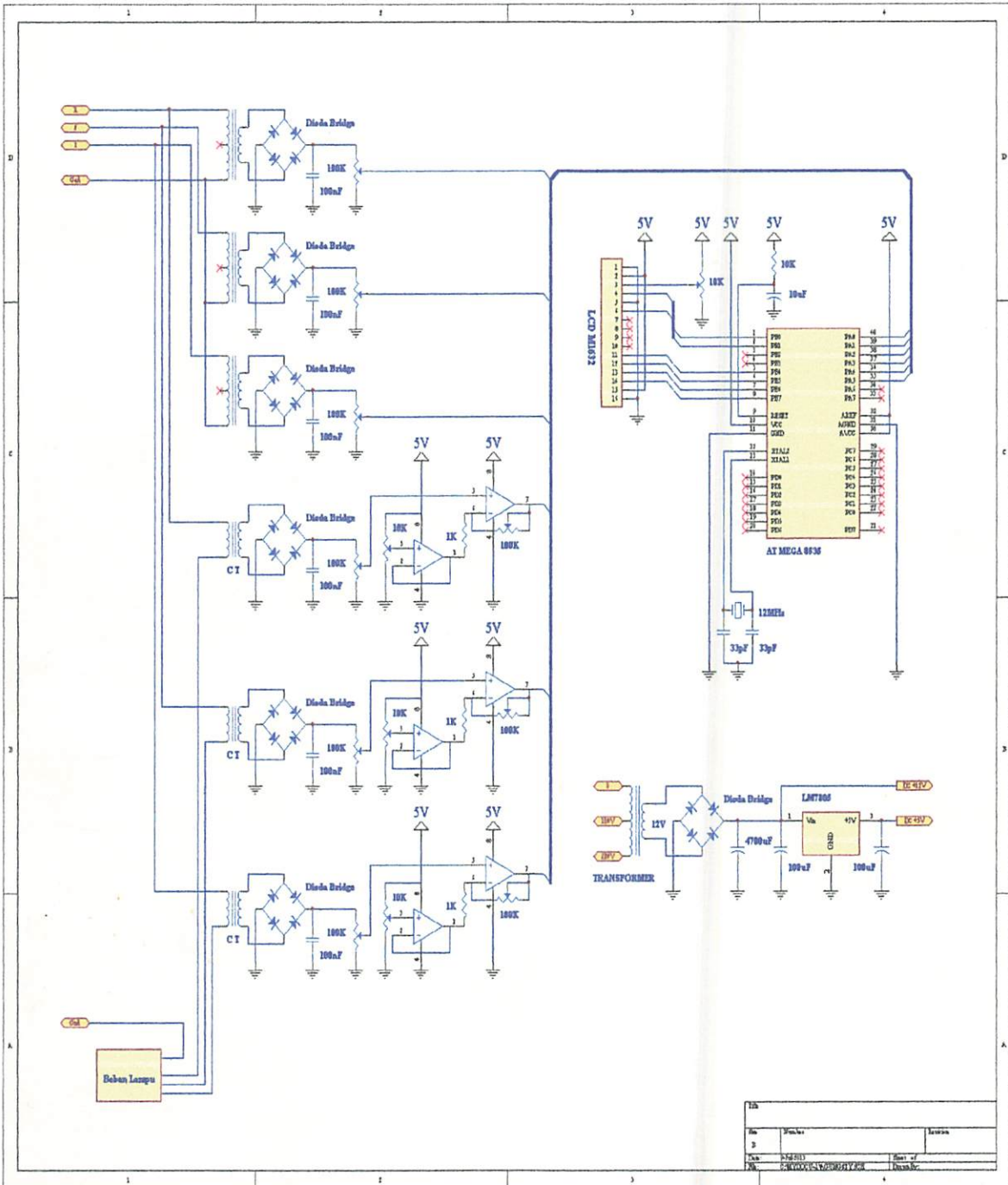


Gambar 3.8 Display LCD M1632

Output dengan kontrol kecerahan dan berdaya rendah LCD inilah yang akan menampilkan informasi tentang keluaran daya.

Display ini terdiri atas 2 baris dan masing – masing baris 16 karakter. Display ini digunakan untuk menampilkan energi listrik yang digunakan secara riil time. LCD yang digunakan bertipe M1632 karena mudah didapat dipasaran dan harganya relative terjangkau.

### 3.1.9 Gambar Scematic Alat



Gambar 3.9 Schematic Rangkaian Alat Keseluruhan

## 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

### 3.2.1 Flowchart



Gambar 3.7 flowchart

Keterangan :

Ketika alat dinyalakan maka program akan menginisialisasi LCD, kemudian program membaca ADC kemudian di kalibrasi menjadi nilai tegangan dan nilai arus. Pertama kali membaca tegangan di fasa R selanjurta S dan T. yang kedua membaca arus R selanjutnya S dan T.

### 3.2.2 Perancangan Program (AVR ASSEMBLER)

Bahasa pemrograman ditulis dalam bahasa *Basic*. Program yang telah ditulis dikompilasi dengan cara mengklik *icon build current file* pada *software* bascom. Jika program yang ditulis telah benar maka akan muncul pesan sukses berupa *hex" had been generated* pada kotak *field* teks pada bagian bawah dari menu editor. Namun jika program salah maka akan keluar pesan kesalahan dan baris tempat kesalahan tersebut.

## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL PERCOBAAN

#### 4.1 Pengujian Alat

##### 4.1.1 Tujuan Pengujian

Setelah semua perancangan alat telah selesai dirancang secara keseluruhan, maka perlu dilakukan suatu pengujian system alat. tujuan dari pengujian alat ini adalah untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dengan cara menguji rangkaian setiap blok secara terpisah. Pengujian setiap blok ini dilakukan dengan maksud untuk mempermudah analisa apabila alat ini tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

##### 4.1.2 Langkah Pengujian

Berikut adalah langkah-langkah pengujian LCD:

- Menyusun Rangkaian Pengujian sesuai dengan skema blok diagram
- Hubungkan rangkaian minimum sistem atmega dengan rangkaian LCD
- Membuat Program Pengujian Rangkaian LCD sebagai Berikut

```
regfile = "m32def.dat"
```

```
$crystal = "400000"
```

```
Config ledpin=pin Db5= portc.5 Db6=portc.6 Db7 portc.7
```

```
Rs portc.2, E= portc.3
```

```
config Lcd =16 *2
```

```
LCD "Test By Agung"
```

- Memasukan beban pada input daya yang akan di uji
- Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Algoritma

Mulai.

Inisialisasi *variabel, interrupt, timer, I/O.*

Nilai awal  $cv=0$  dan nilai  $SP= 0000885$

Hitung nilai *tegangan, arus, cos* dan *watt.*

Tampilkan nilai *tegangan, arus, cos* dan *watt.*

Jika  $PIND.6=0$  maka  $cv=cv+1$

Jika  $cv == 1$  maka  $PORTD.7=0.$

Jika  $cv == 2$  maka  $PORTD.7=1.$



Jika  $cv >? cv=0$ .

f. Selesai

#### 4.1.3 Prosedur Pengujian

Pengujian rangkaian sensor arus dan tegangan dapat dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat menyimpan tegangan (V)

- Merangkai rangkaian pengujian daya
- Memasukkan beban pada input fasa
- Mengaktifkan setiap beban yang akan diuji
- Menguji LCD apakah telah menampilkan hasil pengukuran daya.

#### 4.1.4 Hasil Pengujian Alat

- Tabel 4.1 Pengujian Beban Resistif Murni

Beban	Perhitungan (W)	Wattmeter Digital Alat (W)	Wattmeter Digital (W)	Selisih (W)	% Kesalahan
250	193,6	180	178	2	1,12 %
310	156,1	140	146	6	4,10 %
350	138,3	125	130	5	3,98 %
410	118	104	113	9	7,96 %
450	107,5	88	106	18	16,9 %

Secara teori, perhitungan bebannya adalah sebagai berikut :

Contoh, diketahui :

$$R = 250$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$V = 220 \cdot I \cdot 1$$

$$I = V/R = 220/250 = 0,88 \text{ A}$$

$$P = 220 \cdot 0,88 \cdot 1 = 193,6 \text{ W}$$

Perhitungan prosentasi kesalahan :

$$\frac{\text{Selisih tiap pengukuran}}{\text{Pengukuran dengan alat ukur}} \times 100 \%$$

Rata rata kesalahan pengukuran :

$$\frac{\text{Jumlah selisih pengukuran}}{\text{Jumlah data percobaan}} = \frac{1,12 + 4,10 + 3,98 + 7,96 + 16,9}{5} = 6,81\%$$



Dari data diatas, dapat diketahui kesalahan pengukuran untuk beban resistif sebesar 6,81 %

b. Tabel 4.2 Pengujian Beban kapasitif

Beban	Perhitungan	Wattmeter Digital Alat (W)	Wattmeter Digital (W)	Selisih	% kesalahan
250	50,2	49	48	1	2,08 %
290	53,1	54	52	2	3,8 %
350	55,44	58	56	2	3,37 %

Besarnya beban dapat dihitung dengan persamaan

$$R = 350$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$I = V/Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

$$X_c = 1/(2\pi \cdot f \cdot C)$$

$$X_c = 1/2\pi \cdot 50 \cdot 7,5 \cdot 10^{-6}$$

$$X_c = 424,4 \text{ Ohm}$$

$$Z = \sqrt{350^2 + 424,4^2}$$

$$Z = 550,1 \text{ Ohm}$$

$$\Theta = \arctan - X_c/R$$

$$\Theta = \arctan - 424,4/350$$

$$\cos \Theta = R/Z = 350/550,1 = 0,63$$

$$I = V/Z$$

$$I = 220/550,1 = 0,4 \text{ A}$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$P = 220 \cdot 0,4 \cdot 0,63 = 55,4 \text{ W}$$

Perhitungan prosentase kesalahan

$$\frac{\text{Jumlah selisih pengukuran}}{\text{Jumlah data percobaan}} =$$

$$\frac{2,08 + 3,8 + 3,57}{3} = 3,39 \%$$

$$= 3,39 \%$$

3

Dari data diatas, dapat diketahui kesalahan pengukuran untuk beban kapasitif sebesar 3,39 %

c. Tabel 4.3 Pengujian Rehan Induktif

Beban	Wattmeter Digital Alat (W)	Wattmeter Digital (W)	Selisih	% Kesalahan
TL 10 W	20	16	4	25 %
TL 20 W	34	28	6	21,4 %

Perhitungan prosentase kesalahan :

Jumlah selisih pengukuran =

Jumlah data percobaan

$$\frac{25 + 21,4}{2} = 23,2 \%$$

2

Dari data diatas, dapat diketahui kesalahan pengukuran untuk beban induktif sebesar 23,2 %

## **BAR V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perancangan dan pembuatan Wattmeter Digital 3 fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535, dapat disimpulkan :

1. Perangkat keras Wattmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 terdiri dari rangkaian input, rangkaian pemroses, rangkaian output. Rangkaian input terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, dan penguat zero span, rangkaian pembaca beda fasa. Rangkaian pemroses terdiri dari mikrokontroler Atmega 8535 dan rangkaian output berupa LCD M1632 16 x 2 sebagai penampil hasil.
2. Perangkat lunak berupa program assembler dibuat menggunakan kompilasi code vision AVR, yang terdiri dari beberapa bagian : definisi prosesor, penyertaan fungsi, definisi port, mode ADC, deklarasi variabel dan fungsi.
3. Wattmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 secara keseluruhan sudah berfungsi walaupun masih banyak terdapat beberapa kesalahan. Besarnya prosentase kesalahan ukur pada alat yaitu untuk beban resistif sebesar 6,81%, beban kapasitif sebesar 3,39 %, dan untuk beban induktif sebesar 23,2 %.

#### **5.2 Saran**

Dari perancangan sistem yang telah direalisasikan pada skripsi ini, diharapkan dapat menjadi dasar penelitian lebih lanjut, mengingat banyaknya keterbatasan yang dihadapi dan masih belum sempurnanya alat yang telah dibuat.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan Watmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8232, dapat disimpulkan :

1. Perangkat Keras Watmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8232 terdiri dari rangkaian input, rangkaian pemroses, rangkaian output. Rangkaian input terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, dan bagian zero span, rangkaian pemroses pada bagian Rangkaian pemroses terdiri dari mikrokontroler Atmega 8232 dan rangkaian output berupa LCD M1632 16 x 2 sebagai penampil hasil.

2. Perangkat lunak berupa program assembler dibuat menggunakan compiler code vision AVR, yang terdiri dari beberapa bagian : definisi processor, pengaturan fungsi, definisi port, mode ADC, deklarasi variabel dan fungsi.

3. Watmeter Digital 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8232 secara keseluruhan sudah berfungsi walaupun masih banyak terdapat beberapa kesalahan. Besarnya persentase kesalahan ukur pada alat yaitu untuk beban resistif sebesar 0,81%, beban kapasitif sebesar 3,39 %, dan untuk beban induktif sebesar 3,79 %.

### 5.2 Saran

Dari perancangan sistem yang telah direalisasikan pada skripsi ini, diharapkan dapat menjadi dasar penelitian lebih lanjut mengenai banyaknya keterbatasan yang dihadapi dan masih belum sempurnanya alat yang telah dibuat.

## Daftar Pustaka

- [1]. Allegro microsystem.Inc. (2011). *ACS712-Datasheet Rev. 14*. Diambil dari <http://www.allegromicro.com> diakses tanggal 26 Februari 2012.
- [2]. Anonim. (2012). *Faktor Daya*. Diambil dari <http://www.muhammadrizal22.blogspot.com/2012/04/faktor-daya.html>. Diakses pada tanggal 29 September 2012.
- [3]. Anonim. (2012). *Power Supply Simetris (Output Ganda)*, diambil dari <http://www.elektronika-dasar.com/rangkaian/power-supply/power-supply-simetris-output-ganda/>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2012.
- [4]. Atmel Corporation. 2011. *8-bit with 8Kbytes In-System Programmable Flash ATmega8 ATmega8L*, diambil dari : [http:// www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com), Diakses tanggal 20 Maret 2012.
- [5]. Chusna Yahya, dkk. (2011). *Perbaikan Faktor Daya untuk Beban Rumah Tangga Secara Otomatis*. Surabaya : ITS.
- [6]. Djoko Santoso, dan Rahmadi, H.S. *Teori Rangkaian Dasar Listrik*. Yogyakarta : LaksRang Mediatama.
- [7]. Hendawan Soebhakti. (2007). *Basic AVR Microcontroller Tutorial*. Batam : Politeknik Batam.
- [8]. Saphie Soedjana, dan Nishimo Osamu. (2000). *Pengukuran dan Alat-Alat Ukur Listrik*. Jakarta : Pradnya Paramita.

ԱՐԱՅԻ ԻՅԵՄԻՆԷ . ԲԱՐՈՒՆ ԲԱՅԵՄԻՆԷ

[8] Հանրիկ շուկաների վաճառքի մասին Հոկտեմբերի 2000-ի Կառավարության կողմից կայացրած որոշումը .  
Բեռլինի Բայեմ

[9] Հանրիկ շուկաների (2003) Բազմա-ՄԵԾ ԱՄՆԱՆՈՒՄԻՆԻՆԻՆԻ ԼՈՒԿԱՆԻ ԲԱՅԵՄ .  
Լոնդոնի Կոնգրես

[10] Որոշումի վերաբերյալ ՀՀ Առևտրի Կոմիտեի կողմից կայացրած Կարգադրություն .  
ՀՀ Առևտրի Կոմիտեի կողմից : 112

[11] Օրոշումի վերաբերյալ ՀՀ (2011) Կառավարության կողմից կայացրած որոշումը .  
Կառավարության կողմից 2013

Կառավարության կողմից կայացրած որոշումը : <http://www.government.com> .  
Կայացրած որոշումը 30

[12] Առևտրի Կոմիտեի կողմից կայացրած որոշումը .  
Կայացրած որոշումը 33 101 2013

<http://www.electronics-market.com> .  
Կայացրած որոշումը 33 101 2013

[13] Առևտրի (2013) Կառավարության կողմից կայացրած որոշումը .  
Կայացրած որոշումը 33 101 2013

[14] Առևտրի (2013) Կառավարության կողմից կայացրած որոշումը .  
Կայացրած որոշումը 33 101 2013

[15] Առևտրի Կոմիտեի կողմից կայացրած որոշումը .  
Կայացրած որոշումը 33 101 2013

**LAMPIRAN**

LAMPURAN





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

# INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura gura No. 2 Malang, Tlp 0341-551431, Fax 0341-551431

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km 2, Tlp. 0341-417634 Malang

## FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan ujian skripsi jenjang strata satu (S-1) jurusan teknik elektro konsentrasi teknik elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untk mahasiswa :

NAMA : AGUNG SETYONO  
NIM : 05.12.218  
JURUSAN : Teknik Elektro (S-1)  
KONSENTRASI : Teknik Elektronika  
MASA BIMBINGAN : 14 Oktober 2013 s/d 25 Maret 2014  
JUDUL : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN WATTMETER DIGITAL 3 FASA BERBASIS NIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji 19-02-2014	Kerapian penulisan laporan	
	Kesimpulan kurang sesuai	

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji 19-02-2014	Tambah Pengujian Alat	

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Bambang Prio Hartono, ST, MT  
NIP. Y. 1028400082

Dosen Pembimbing II

Yuli Wahyuni, ST, MT  
NIP. P. 1031200456

Diketahui,

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Aryuanto S, ST, MT  
NIP. Y. 1030800417

Dosen Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo, MT  
NIP. Y. 1028700172



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

# INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura gura No. 2 Malang, Tlp 0341-551431, Fax 0341-551431

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km 2, Tlp. 0341-417634 Malang

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

NAMA : AGUNG SETYONO  
NIM : 05.12.218  
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1  
JUDUL : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN WATTMETER DIGITAL 3 FASA  
BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Rabu

Tanggal : 19 Februari 2014

Dengan Nilai : 77,7 (B+) *o*

### PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP.P 1030100358

SEKRETARIS,

Dr. Eng. Aryuanto S, ST, MT  
NIP. Y.1030800417

### ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I,

Dr. Eng. Aryuanto S, ST, MT  
NIP. Y.1030800417

PENGUJI II,

Ir. Eko Nurcahyo, MT  
NIP. Y.1028700172



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

## **PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **AGUNG SETYONO**

Nim : **0512218**

Semester : **XIV (Empatbelas)**

Jurusan : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : **Teknik Elektronika**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia\*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**" PERANCANGAN DAN PEMBUATAN WATTMETER DIGITAL 3 FASA BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535"**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

**Yuli Wahyuni, ST, MT**

**NIP.P. 1031200456**

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut

\*) Coret yang tidak perlu



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

## **PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **AGUNG SETYONO**

Nim : **0512218**

Semester : **XIV (Empatbelas)**

Jurusan : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : **Teknik Elektronika**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia\*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**" PERANCANGAN DAN PEMBUATAN WATTMETER DIGITAL 3 FASA BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535"**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

**Bambang Prio Hartono, ST, MT**

NIP.Y. 1028400082

\*) Coret yang tidak perlu



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : Aqung Setyono  
 NIM : 0512218  
 Semester : .....  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-1  
 Konsentrasi : **TEKNIK ELEKTRONIKA**  
**TEKNIK ENERGI LISTRIK**  
**TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA**  
**TEKNIK KOMPUTER**  
**TEKNIK TELEKOMUNIKASI**  
 Alamat : Jl. Diponegoro G.VIII/25 kota Batu....

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah  $\geq 134$  sks dengan IPK  $\geq 2$  dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas  
Recording Teknik Elektro

(pns: handayani)

Malang, .....201

Pemohon

(Aqung Setyono)

Disetujui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)  
NIP. Y. 1018800189

Mengetahui  
Dosen Wali

(.....)

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. IP 313/2.27 ..... 2 ..... 7 praktikum
2. 138 .....
3. - ME PSE (6150) .....

Pengantar techno (8226) - SP  
Teknik antarmuka (7216) - sk



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-313/EL-FTI/2013  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Yuli Wahyuni, ST, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **AGUNG SETYONO**  
Nim : **0512218**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Elektronika**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**Semester Ganjil Tahun Akademik 2013-2014**

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

**A. Ibrahim Ashari, ST, MT**

NIP.P. 1030100358





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-313/EL-FTI/2013  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Bambang Prio Hartono, ST, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **AGUNG SETYONO**  
Nim : **0512218**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Elektronika**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**Semester Ganjil Tahun Akademik 2013-2014**

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

**M. Bahim Ashari, ST, MT**

NIP.P. 10301100358

## Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 512 Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- Options and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
  - 0 - 16 MHz for ATmega8535



**8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

**ATmega8535  
ATmega8535L**

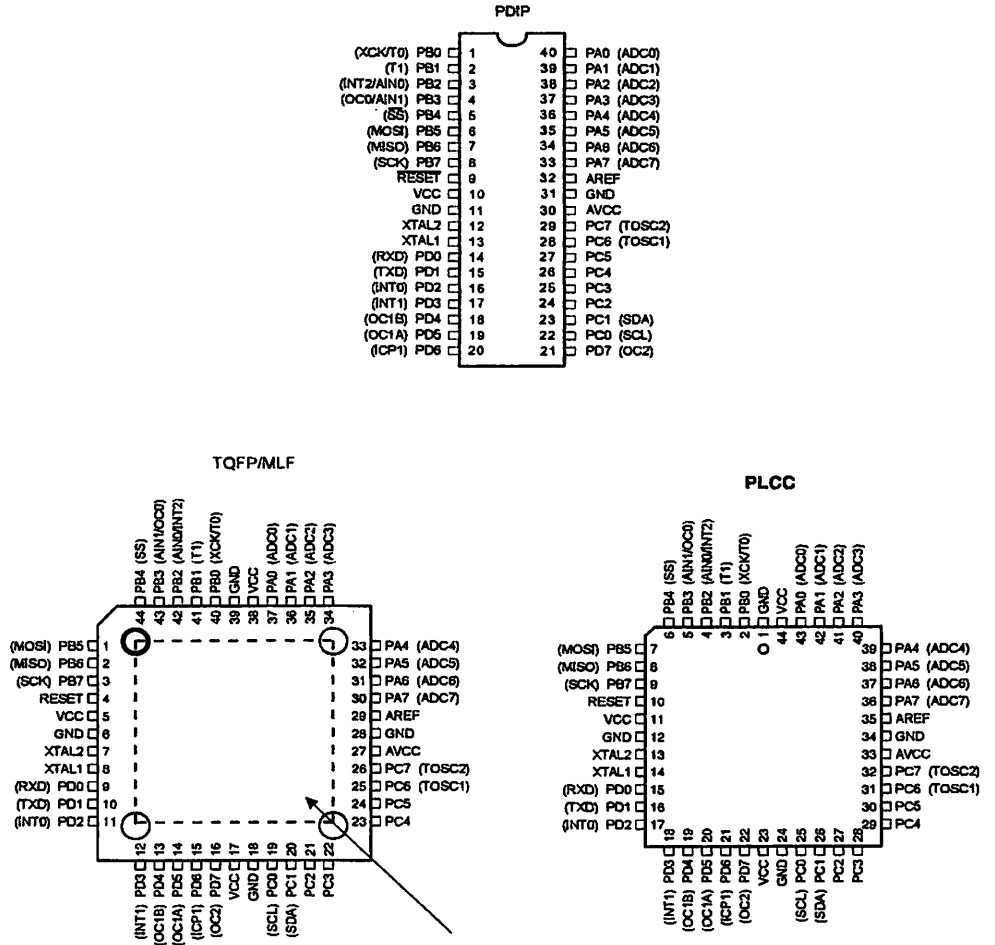






# Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

# Disclaimer

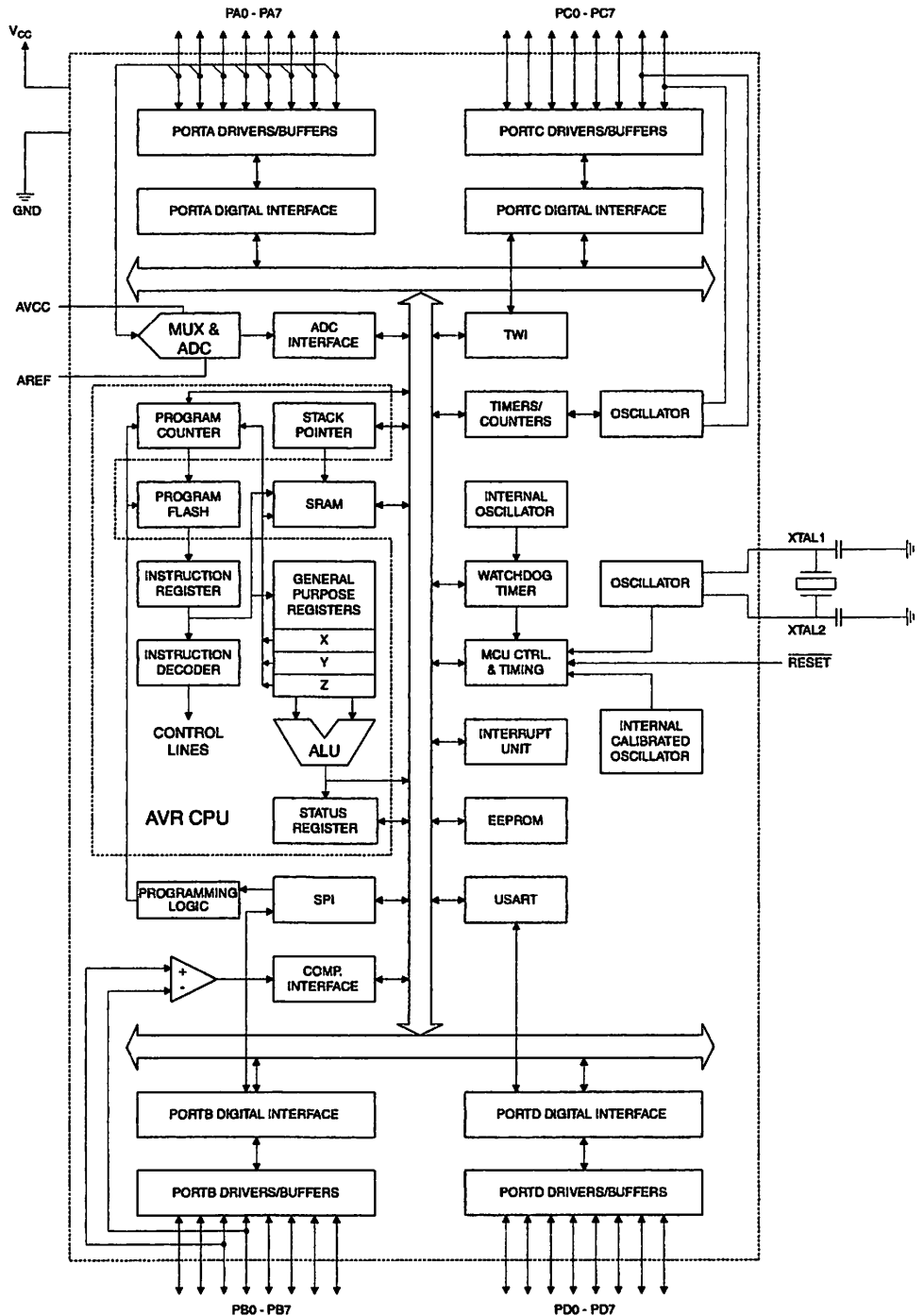
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

## Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with in-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

### AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

### AT90S8535 Compatibility

le

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.

## ATmega8535(L)

**Descriptions**

Digital supply voltage.

Ground.

**Port A (PA7..PA0)**

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

**Port B (PB7..PB0)**

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.

**Port C (PC7..PC0)**

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

**Port D (PD7..PD0)**

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.

 **$\overline{\text{RESET}}$** 

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

**CL1**

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**CL2**

Output from the inverting Oscillator amplifier.

**V<sub>CC</sub>**

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V<sub>CC</sub>, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V<sub>CC</sub> through a low-pass filter.

**AREF**

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

